

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРОУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

УДК 662.613.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	О.Ю. Ромашова	к.т.н., доцент		01.12.20
Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А.Вагнер	-		01.12.20

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Е.И.Клемашева	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	И.Л.Мезенцева	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	А.М.Антонова	к.т.н., доцент		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать Способность способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способность воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способность поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
ПК(У)-2	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
ПК(У)-3	Способность участвовать в проведении предварительного технико-

	экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам
ПК(У)-8	Готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
ПК(У)-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве
ПК(У)-10	Готовность к участию в работах по освоению, доводке и сопровождению технологических процессов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.М. Антонова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7А	Рудакову Евгению Александровичу

Тема работы:

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРОУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1 июня 2021 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Целью обзора является сбор и обобщение информации об опыте применения, современном уровне развития и потенциале технологий. Анализируется необходимость установок десульфуризации в зависимости от вида топлива и экологической ситуации региона. Предметом исследования выступают факторы, влияющие на необходимость очистки от диоксида серы дымовых газов.
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация сероулавливающих установок 2. Техническая характеристика и обзор отдельных примеров отечественной и зарубежной практики. 3. Содержание серы в угля, применяемых на Российских ТЭС 4. Расчет Массового выброса Диоксида серы в зависимости от топлива и расхода топлива 5. Обзор отдельных проектов сероулавливающих установок 6. Проблемы применения СУ 7. Экологические аспекты <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы установок СУ</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Е.И.Клемашева, Доцент ОСГН ШБИП ТПУ</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>И.Л.Мезенцева, Ассистент отделения общетехнических дисциплин</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	О.Ю. Ромашова	к.т.н., доцент		01.12.20
Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А.Вагнер	-		01.12.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович		01.12.20

Реферат

Выпускная квалификационная работа 94 с., 9 рис., 27 табл., 33 источника.

Ключевые слова: экология, десульфуризация, дымовые газы, топливо, диоксид серы, вредные выбросы.

Объектом исследования являются десульфуризирующие установки.

Цель работы – провести анализ использования установок десульфуризации в зависимости от топлива и экологической ситуации региона.

В процессе исследования проводились: обзор технологий очистки дымовых газов, расчеты методов десульфуризации дымовых газов, определены концентрации диоксида серы в дымовых газах в зависимости от используемого топлива, проведено сравнение с ПДК, рассчитан ПДВ, приведены принципиальные схемы методов.

В результате исследования проведен анализ возможного применения сероулавливающих установок на ТЭЦ России, способствующий в дальнейшем решить проблемы, связанных с загрязнением окружающей среды диоксидом серы.

Степень внедрения: используется на тепловых электростанциях, работающих на твердом топливе.

Область применения: тепловые электростанции, работающие на твердом топливе высокой сернистости.

Обозначения и сокращения

МИС – мокро-известняковый способ

ЭЛС – электронно-лучевой способ

ДДГ – десульфуризация дымовых газов

Оглавление

Введение.....	10
1 Системы десульфуризации дымовых газов.....	11
1.1 Основные положения.....	11
1.2 Процессы десульфуризации дымовых газов.....	13
1.3 Мировая практика ДДГ	16
1.4 Обзор принципиальных схем систем сероочистки	23
2 Экологическая ситуация и НУВ	27
2.1 Основные положения.....	27
2.2 Экологическая ситуация на примере Кемеровской области	28
3 Анализ используемого топлива	33
4 Перспективы внедрения десульфуризирующих установок на объекты теплоэнергетики в РФ	35
5 Расчет вариантов использования систем десульфуризации дымовых газов ...	37
5.1 Расчет Массового выброса диоксида серы в зависимости от топлива и расхода топлива.....	37
5.2 Сравнительный расчет двух систем десульфуризирующих установок	40
5.2.1 Мокро-известняковый способ очистки дымовых газов.....	40
5.2.2 Электронно-лучевой способ	45
5.3 Сравнение полученных результатов с ПДВ.....	47
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	55
6.2 Инициация проекта	60
6.3 Планирование научно-исследовательских работ	60
6.4 Бюджет разрабатываемого комплекса	65
6.5 Заработная плата исполнителей темы	68
6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
Заключение по разделу:.....	72
7 Социальная ответственность	76
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76

7.2 Производственная безопасность	78
7.3 Экологическая безопасность.....	84
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
Выводы по разделу:	87
Заключение	89
Список использованных источников	91
Графический материал:	
ФЮРА XXXXXX.002.С3 Принципиальная схема МИС	
ФЮРА XXXXXX.002.С3 Принципиальная схема ЭЛС	

Введение

Десульфуризация выбросов является важной составляющей капиталовложений в странах с высоким развитием промышленного комплекса. Оксиды серы, полученные в ходе технологического процесса на предприятии являются вредными продуктами как для здоровья людей, так и для экологии.

Критический характер данный вопрос приобретает в условиях работы объектов теплоэнергетики (ТЭС, ТЭЦ, котельные), связанных с сжиганием каменного угля как топлива.

В связи с отсутствием сероулавливающих установок на объектах теплоэнергетики РФ, объясняющейся невыгодными экономическими аспектами решения данного вопроса для предприятий, рассматриваемая тема является актуальным вопросом, в решении которого прослеживается важнейшее значение для экологии.

Следует отметить, что ведутся поиски эффективного, недорогого, устойчивого и осуществимого метода обработки широкого спектра выбросов дымовых газов. В этом контексте было установлено, что метод мокрой очистки эффективно удаляет токсичные газы с широким спектром загрязняющих веществ, таких как NO_x , SO_2 одновременно. Он является экономически эффективным, требует простой настройки, прост в обращении, может работать при низких температурах и даже выполняем для небольших отраслей промышленности.

1 Системы десульфуризации дымовых газов

1.1 Основные положения

Потребление угля составляет большую долю потребления энергии ежегодно в промышленном производстве РФ, что может вызвать большое количество выбросов SO_2 с большим ущербом для окружающей среды [1]. Таким образом, десульфуризация дымовых газов имеет важное значение для охраны окружающей среды.

В настоящее время технологию десульфуризации дымовых газов можно разделить на три категории:

1. Влажная десульфуризация - широко используемые кальциевый метод и аммиачный метод
2. Полусухая десульфуризация - циркуляционная метод псевдоожиженного слоя
3. Сухая десульфуризация - адсорбционный метод, электронно-лучевой метод, сухая десульфуризация натриевого агента и т.д.

Технология мокрой десульфуризации имеет высокую скорость реакции и эффективность десульфуризации, но существуют проблемы с трудностью очистки сточных вод, высокими инвестициями в крупногабаритное оборудование и высокими эксплуатационными расходами [9,10].

Сухая десульфуризация имеет характеристики простого технологического процесса и никакого дополнительного загрязнения, но присутствует низкая эффективность десульфуризации. По сравнению с сухими и влажными технологиями десульфуризации полусухой метод является более точным в контроле физического состояния и более стабильным в поддержании процесса.

Для систем ДДГ используются две различные конструкции оборудования:

1. Сухой скруббер: Он используется для нагрева поступающего дымового газа для испарения жидкости в известковой суспензии, используемой для очистки SO_2 от газа, в результате чего образуется сухой поток отходов.

2. Мокрый скруббер: Он использует избыток суспензии и производит влажный поток отходов.

Есть свои преимущества и недостатки в использовании мокрого скруббера. Прежде всего, эти скрубберы полезны тем, что они предотвращают попадание широкого спектра загрязняющих веществ в воздух через дымовые газы. Во-вторых, эти агрегаты достаточно прочны и выдерживают широкий диапазон температур, что делает их идеальными для работы практически в любых условиях.

Несмотря на преимущества, есть несколько недостатков. Эти установки требуют частого технического обслуживания, и они могут довольно сильно пострадать от коррозии. При правильном обслуживании и вентиляции эти машины могут использоваться в течение многих лет, прежде чем они потребуют замены.

Система и вспомогательное оборудование должны обеспечивать широкий диапазон параметров, которые должны быть оценены для адаптации надлежащей системы футеровки к требуемым технологическим и условиям. Ниже приведен список основных параметров, которые следует учитывать при проектировании резиновой футеровки [4]:

1. Химическое воздействие.
2. Температура.
3. Погружение.
4. Столкновение, трение и скольжения.

При выборе эффективного метода десульфуризации, как правило, используются следующие критерии:

1. Исходные данные: содержание серы в топливе, объем и температура дымовых газов.
2. Фактор доступности и распространенности сорбента.

3. Утилизация конечного продукта десульфуризации: возможность его промышленного использования или необходимость транспортировки.

4. Установка сероулавливающего оборудования: объем инвестиций в установку и техническое обслуживание.

1.2 Процессы десульфуризации дымовых газов

На многих объектах энергетики необходимо удалять серу из дымовых газов после процесса горения, чтобы соответствовать экологическим требованиям.

Как известно, котлоагрегаты работающие на высокосернистом топливе на сегодняшний день используют три основных метода очистки дымовых газов от оксида серы, а именно[4]:

1. Снижение содержания серы в исходном топливе (десульфуризация топлива);

2. Очистка дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, от оксидов серы с использованием десульфуризирующих установок.

3. Газификация, использование малосернистого топлива, снижение нагрузки котла.

К конкретным вопросам для рассматриваемых в данной работе технологий включают степень десульфуризации, которую может предложить этот процесс, а также его гибкость. Большинство технологий ДДГ используют щелочные сорбенты, такие как известняк (карбонат кальция), негашеная известь (оксид кальция), гидратированная известь (гидроксид кальция), а иногда карбонат натрия и магния и аммиак, для улавливания кислых соединений серы из дымовых газов.

Во всех случаях щелочи реагируют с SO_2 в присутствии воды (например, распыление суспензии, содержащей сорбент) с образованием смеси сульфитных и сульфатных солей. Эта реакция может происходить в объемном растворе или на смоченной поверхности твердых частиц щелочи.

Обычно процессы ДДГ можно классифицировать как однократные или регенеративные, в зависимости от того, как обрабатывается сорбент после того, как он сорбировал SO_2 .

В разовых технологиях отработанный сорбент утилизируется как отходы или утилизируется как побочный продукт. В этих технологиях SO_2 -содержащий дымовой газ контактирует со щелочной водной суспензией в абсорбере. Суспензия обычно изготавливается либо из извести (обычно 90% или более $\text{Ca}(\text{OH})_2$) или известняка (обычно 90% или более CaCO_3). Наиболее часто используемым применением абсорбера является противоточная вертикально ориентированная распылительная башня. Общая схема мокрого процесса ДДГ на основе известняка схематически показана на рисунке 1.

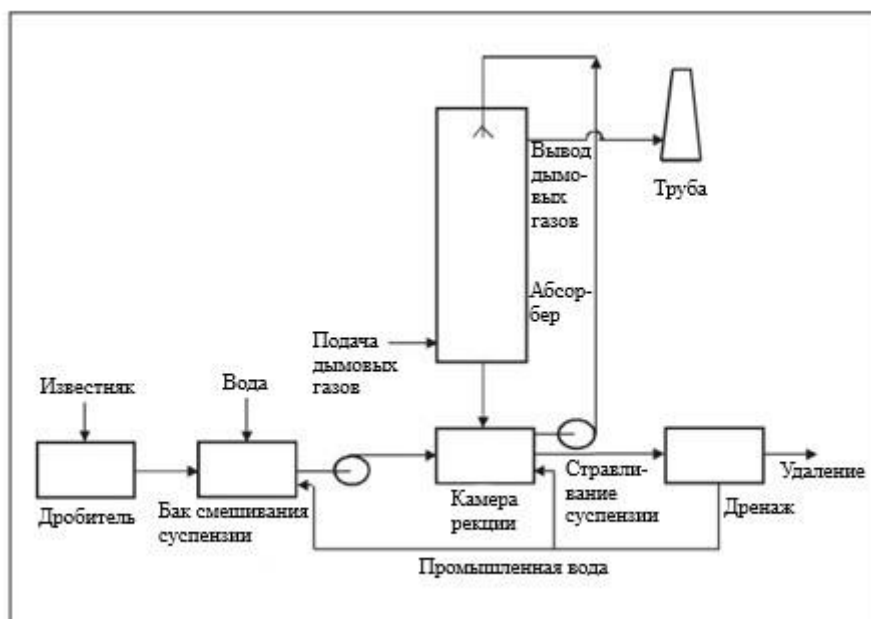


Рисунок 1 – Разовая десульфуризация

В абсорбере SO_2 растворяется в суспензии и инициирует реакцию с растворенными щелочными частицами. Сточные воды суспензии поглотителя, содержащие растворенный SO_2 , удерживаются в реакционном резервуаре, который обеспечивает время удержания мелко измельченных частиц извести или известняка в суспензии для растворения и завершения реакции с растворенным SO_2 . В результате этой реакции в реакционном резервуаре происходит кристаллизация сульфита/сульфата, и щелочность суспензии

истощается. Свежая суспензия добавляется в реакционный резервуар, чтобы компенсировать это истощение и тем самым поддерживать желаемый уровень щелочности. Суспензия рециркулируется из реакционного бака в абсорбер. Продукты реакции из реакционного бака перекачиваются в перерабатывающее оборудование, в котором концентрируются отходы. Из перерабатывающего оборудования концентрированные отходы направляются на утилизацию или, как вариант, перерабатываются для получения товарного гипса как побочного продукта.

В регенерируемых технологиях, SO_2 высвобождается из сорбента во время регенерации сорбента, и SO_2 может быть дополнительно переработан с получением H_2SO_4 . В регенерируемых технологиях не образуется никаких отходов.

В процессе десульфуризации газ очищается с помощью рециркулирующей известняковой суспензии, которая удаляет почти 95% SO_2 из дымовых газов. Этот процесс также удаляет почти весь HCl , содержащийся в дымовых газах. Карбонат кальция в известняке вступает в реакцию с SO_2 и кислородом воздуха, образуя гипс, который осаждается из раствора. HCl также растворяется в воде и нейтрализуется, образуя раствор хлорида кальция. Гипсовая суспензия извлекается из отстойника абсорбера и хранится или обрабатывается для дальнейшего использования (например, в качестве гипсокартона), а свежий известняк закачивается в абсорбер для поддержания условия pH. Оставшийся газ снова нагревают. Другие технологии ДДГ включают промывку морской водой, очистку аммиака и метод, использующий водный раствор сульфата натрия.

Полусухие процессы используют циркулирующий псевдоожиженный слой, сухое распыление или канальное сухое распыление для получения порошкообразных смесей соединений кальция. Технология с использованием сухих процессов впрыскивает известь или бикарбонат натрия в топку котла для поглощения SO_2 . Затем сорбент экстрагируют вместе с летучей золой в виде смеси золы и кальциево-натриевых компонентов.

Мокрые системы ДДГ, как правило, используют сорбент более эффективно, чем сухие процессы, и обычно могут снизить выбросы SO₂ более чем на 90%. В обоих случаях удаление SO₂ из дымовых газов приводит к образованию твердого остатка, который необходимо либо утилизировать, либо утилизировать с пользой.

Основополагающим фактором в выборе метода очистки является эколого-экономическая эффективность. В связи с чем, предпочтение отдается мокрым методам очистки. В основу их реализации заложено использование наиболее доступных компонентов (вода, известь, известняк). К достоинствам данного метода можно отнести максимальное снижение эмиссии оксидов серы, но в свою очередь и имеются недостатки [1]:

1. Образование отходов.
2. Высокая энергоемкость технологических процессов.
3. Наличие значительного количества сточных вод.
4. Металлозатратность оборудования, характеризующееся большими габаритами установок.

1.3 Мировая практика ДДГ

Несомненным лидером в сфере производства десульфуризирующих установок является Babcock & Wilcox Company – американский промышленный производитель, базирующийся в Акроне, штат Огайо. Исторически компания наиболее известна своими паровыми котлами и атомными энергетическими системами.

Системы мокрой десульфуризации дымовых газов Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. (B&W PGG) отличаются сочетанием конструктивных компонентов, обеспечивающих высочайший в отрасли уровень надежности и эффективности удаления. К ним относятся фирменная конструкция лотковой башни B&W для обеспечения превосходного контакта газа с жидкостью и равномерного распределения потока через зоны распыления

абсорбера; запатентованный входной тент, межпространственные коллекторы для уменьшения высоты абсорбера, требований к мощности насоса и внутренних затрат на поддержку; система принудительного окисления; а также усовершенствованные туманоуловители.

Основной конструкцией десульфуризирующих установок компании B&W может послужить вариант, представленный на рисунке 2.

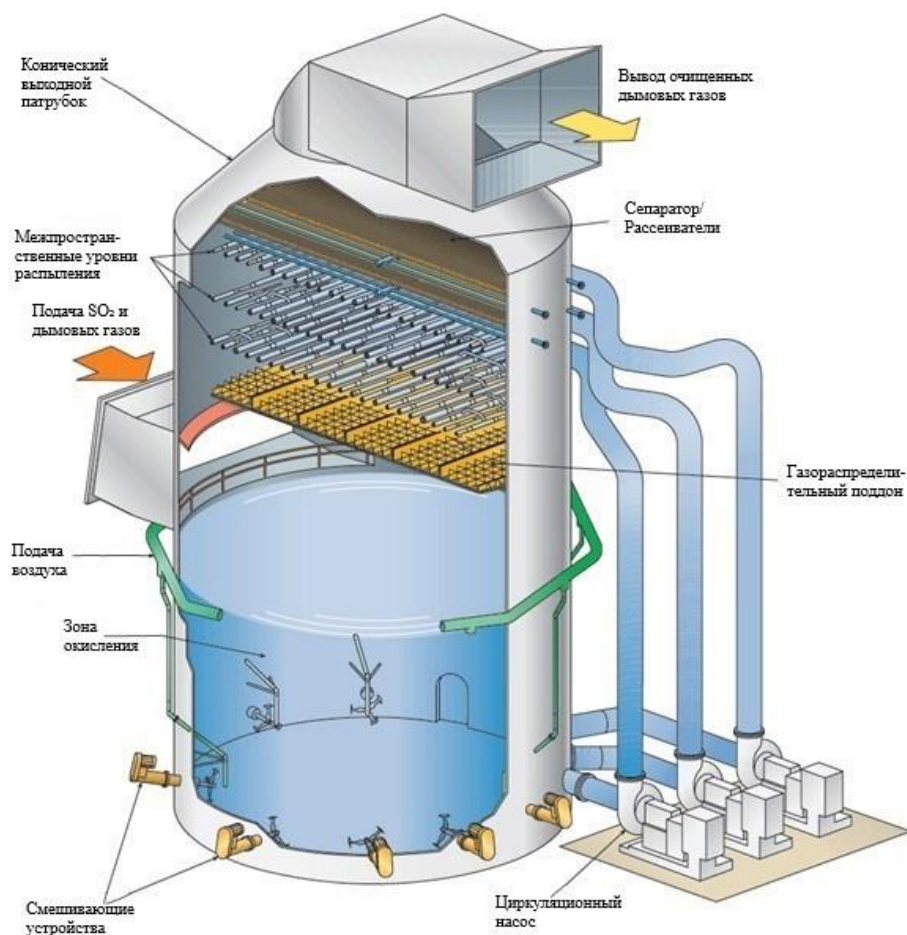


Рисунок 2 - Конструкция мокрого скруббера компании B&W

Современные конструкции могут обеспечить удаление SO_2 более чем на 99%, а доступность системы-более чем на 99,5. В качестве устройства контроля за несколькими загрязнителями влажные скрубберы B&W также помогают контролировать фильтруемые (твердые) частицы, кислотный туман и ртуть.

Особенности и преимущества включают в себя:

- Принудительное или ингибированное окисление – предоставление вариантов продажи побочного продукта гипса или устранения сброса сточных вод.

- Конструкция с одним или двумя лотками – способствует контакту газа и жидкости и равномерному распределению газа для улучшения сокращения выбросов.
- Большая возможность использования одного поглотителя для обработки нескольких котлов – меньшая площадь установки и снижение эксплуатационных расходов.
- Выбор реагентов – обеспечивает гибкость.
- Межпространственные распылительные коллекторы – более эффективное перекрытие распылительного покрытия для более коротких абсорберных башен, снижение мощности насоса, более низкая высота здания, меньшее количество внешних рециркуляционных трубопроводов и более легкий контроль и техническое обслуживание сопел.

Данные установки нашли свое применение в сфере энергетики США. Представим практические примеры, работающих по сей день обессеривающих установок (рисунках 3,4) [10].

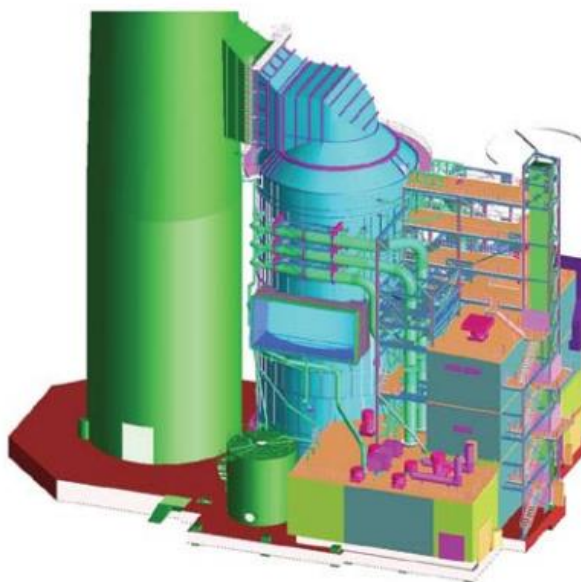


Рисунок 3 – Конструкция мокрого скруббера американской компании B&W

Информация об установке представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Информация о установке

Характеристика энергоблока
• Мощность: 2 x 550 МВт.
• Тип котла: Пылеугольный.
• Расчетное топливо: Битумное.
• Дополнительное экологическое оборудование: системы электрофилтра (ESP) и селективного каталитического восстановления (SCR).
Краткое описание проекта
• Проектирование, закупка и строительство системы обессеривания влажных дымовых газов с двумя поглотителями.
• Система, предназначенная для удаления 97% поступающего SO ₂ без добавления органической кислоты.
• Тип: Принудительное окисление известняка побочным продуктом гипса.
• Проект награжден: апрель 2004 года.
• Сроки эксплуатации: апрель 2007 года и ноябрь 2007 года.
Характеристика системы десульфуризации
• Два влажных поглотителя FGD (1 на котел).
• Две системы измельчения известняка (1 система на котел)
• Системы обезвоживания гипса, включающие горизонтальные настольные фильтры (2 рабочих, 1 запасной).
• Использована конструкционная сталь для технологической зоны.

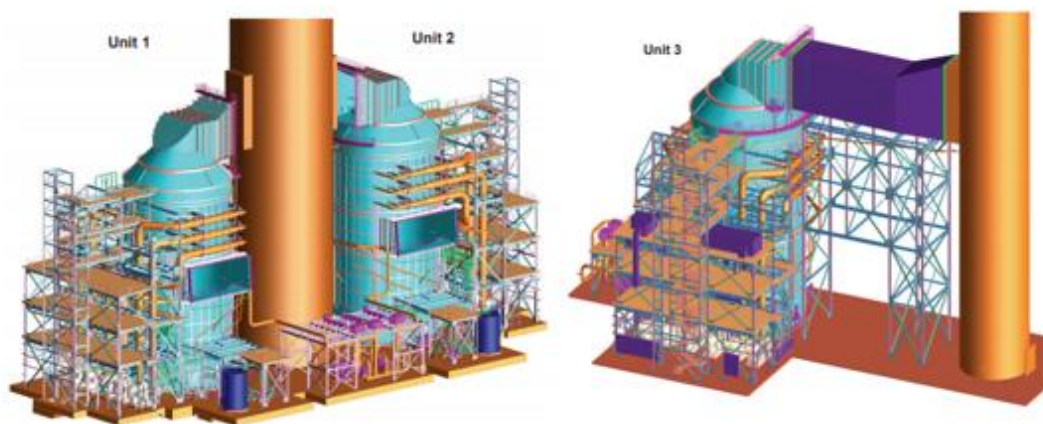


Рисунок 4 – Мокрая обессеривающая установка

Информация об установке представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Информация по установке

Характеристика энергоблока	
• Мощность: 3 x 676 МВт.	
• Тип котла: Пылеугольный.	
• Расчетное топливо: Битумное.	
• Дополнительное экологическое оборудование: Электрофильтр (ESP) и система селективного каталитического восстановления (SCR).	
Краткое описание проекта	
• Цель: Проектирование, закупка и строительство системы обессеривания влажных дымовых газов.	
• Система, предназначенная для удаления 97% поступающего SO ₂ без добавления органической кислоты.	
• Тип: Принудительное окисление известняка побочным продуктом гипса.	
• Проект награжден: апрель 2004 года.	
• Операционные даты: декабрь 2006, май 2007 и октябрь 2007 Два дополнительных поглотителя B&W PGG очищают четвертый котел на заводе.	

Продолжение таблицы 2

Характеристика системы десульфуризации
• Три влажных поглотителя FGD (1 на котел)
• Три системы измельчения известняка (1 система на котел)
• Система обезвоживания гипса, включающая четыре горизонтальных настольных фильтра (3 рабочих, 1 запасной)

Введенные в эксплуатацию установки в настоящее время соответствуют гарантиям выбросов.

Так же в европейских странах широко применяется электронно-лучевой способ очистки дымовых газов.

Данная технология основана на облучении дымовых газов потоком β -частиц (электронов). В результате протекания радиационно-химических реакций образуются реакционно-активные компоненты: O^- ; OH^- ; H_2^- .

Они взаимодействуют с NO_x и SO_2 , в результате чего получают более высокие оксиды азота и серы (NO_3 и SO_3), которые с водяным паром образуют пары азотной и серной кислот.

Одна из таких электронно-лучевых установок применяется на тепловой станции «Svilozha» в Болгарии (рисунок 5).

Тепловая электростанция "Svilozha" была построена в 1960 году на заводе Svilozha города Свиштов, который находится в 250 км от Софии, столицы Болгарии. Svilozha завод представляет собой промышленный комплекс, который состоит из электростанции, целлюлозно-бумажной промышленности и синтетического волокна (район) промышленности. Тепловая электростанция «Svilozha» имеет четыре угольных котла и производит как электроэнергию, так и тепло для промышленности и жителей в городе и его окрестностях. Электрическая мощность составляет 120 МВт и вырабатывается двумя российскими турбинами. Дымовые газы имеют высокую концентрацию SO_x газов за счет сжигания низкосортного бурого угля.

На основании результатов опытной установки и эксплуатационных параметров, оптимальная поглощенная доза около 4 кГр при эффективности удаления SO_x 85%, а NO_x около 40%. При этом для расхода дымовых газов 600000 м³/ч суммарная мощность, требуемая для пучка электронов, составляет около 1300 кВт. До сих пор нет ни одного ускорителя с такой высокой мощностью. Поэтому, дымовые газы последовательно облучаются электронным пучком на реакторе, в котором общая мощность разделена на четыре ускорителя.

Газы делятся на две поточные линии. Каждая линия потока имеет камеру, оборудованную двумя ускорителями, установленную в защитном корпусе от облучения. Применяемая доза составляет около 4 кГр, а побочный продукт будет собираться на удобрение. Расход дымовых газов 600000 м³/ч при эффективности удаления SO_x 85%, а для NO_x около 40%. Необходимое количество аммиака, 1367 кг/ч при стехиометрическом соотношении 0,9. Ожидаемые объемы побочных продуктов, гранулированного сульфата аммония и нитрата аммония, являются 4,821 кг/ч и 602 кг/ч, соответственно.

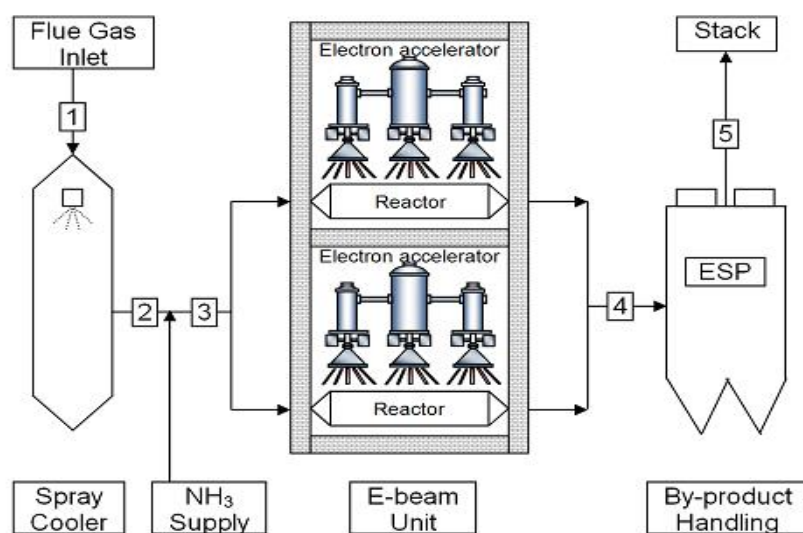
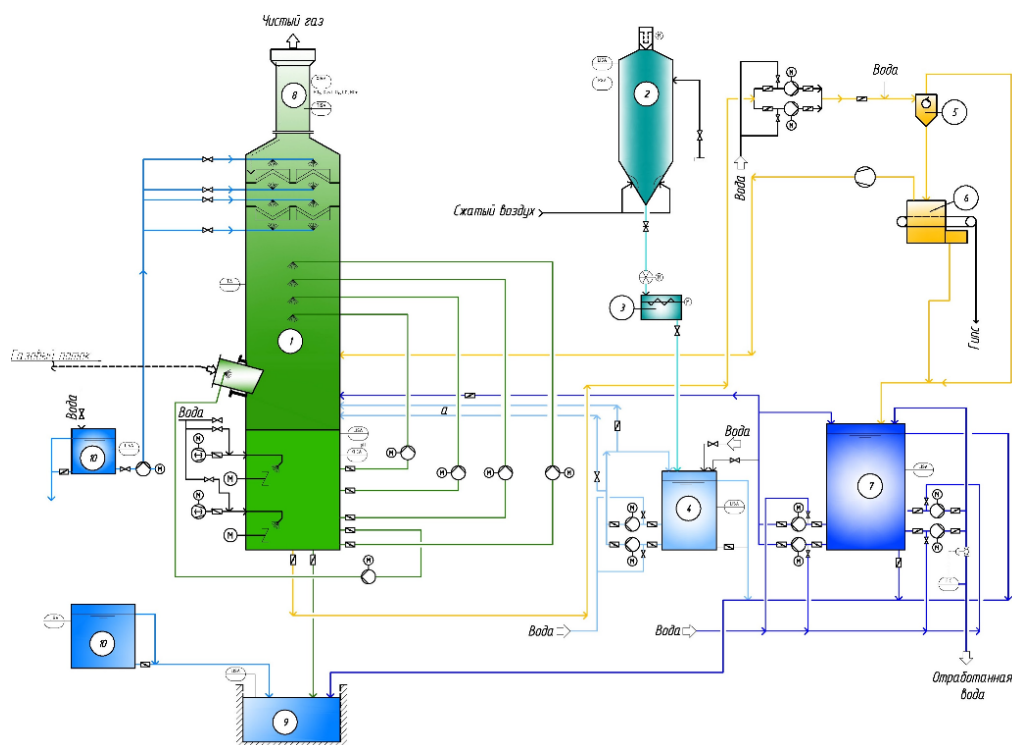


Рисунок 5 - Схема установки радиационной очистки газов на ТЭЦ в Болгарии

1.4 Обзор принципиальных схем систем сероочистки

Принцип работы мокрых методов сероочистки (рисунок 6) основан на нейтрализации сернистых кислот – взаимодействие гидрата оксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или карбонатом кальция CaCO_3 с дымовыми газами.



1- скруббер; 2-силос хранения известняка; 3-мельница; 4- бак приготовления суспензии; 5- система обезвоживания субпродукта; 6-система очистки воды; 7- накопительный бак резервной суспензии; 8-мокрая труба; 9-бак временного хранения воды; 10-накопительные баки технической воды

Рисунок 6 – Принципиальная схема мокрой системы сероочистки [3]

Известняк, используемый в качестве сорбента, поступает из силоса для хранения известняка (2) после предварительного дробления в мельнице (3) в резервуар для приготовления известняковой суспензии (4), откуда суспензия подается по линиям (а) в скруббер (1) и накапливается в его нижней части. Дымовые газы, предварительно очищенные от пыли в электрофилтре до нормированного значения, также подаются в скруббер (1). Наиболее эффективным методом десульфуризации является противоточное движение газов и суспензии, затем суспензию подают из нижней части скруббера в

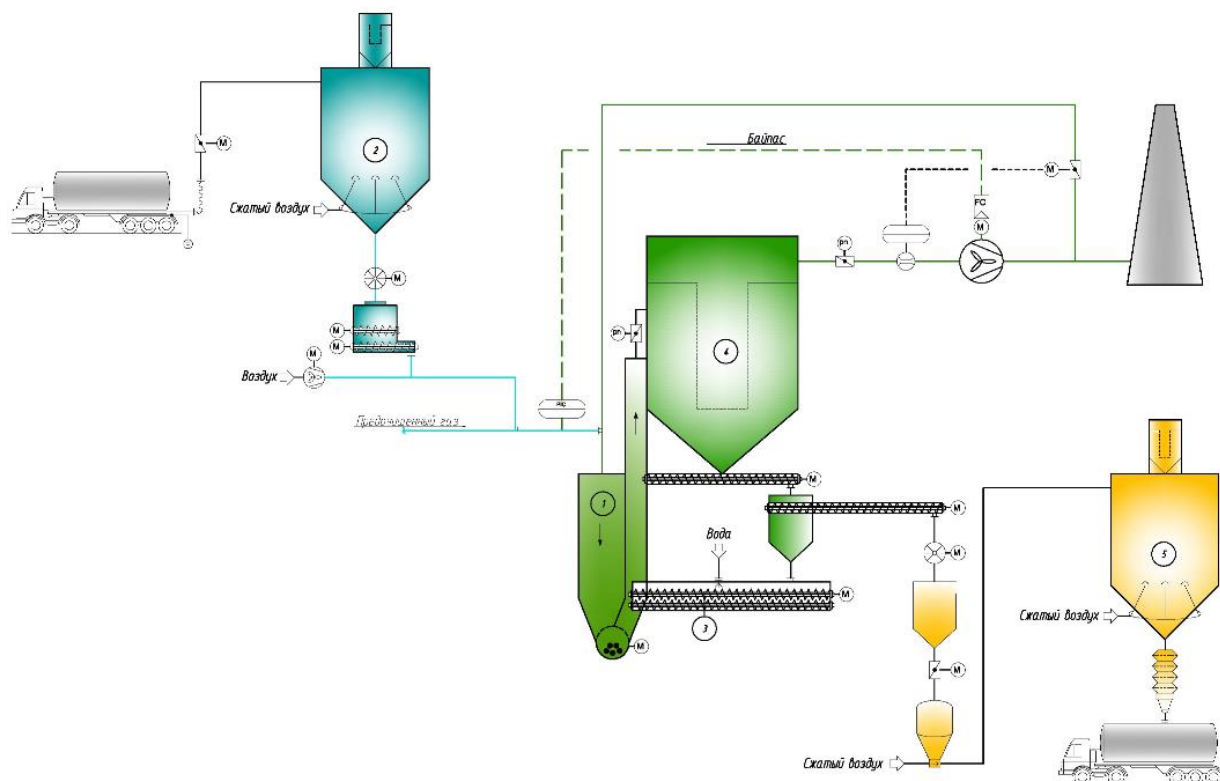
среднюю часть скруббера и распыляют с помощью форсунок в виде мелкодисперсного раствора. Количество форсунок определяется на стадии проектирования. Очищенные дымовые газы, пройдя через систему промывочных каплеуловителей, выпускаются в атмосферу через так называемую «мокрую трубу» (8). Использование «мокрой трубы» исключает необходимость повторного нагрева очищенного газа. Побочные продукты реакции обессеривания со сточными водами удаляются из скруббера и направляются в систему обезвоживания побочных продуктов (5) и водоподготовки (6) для получения гипса в качестве конечного продукта. Очищенная вода возвращается в систему очистки серы. В скруббер (1) постоянно поступает свежая суспензия и часть рециркулируемого побочного продукта, так как побочный продукт содержит некоторое количество непрореагировавшего сорбента. Для предотвращения появления отложений на стенках скруббера в нижней части скруббера предусмотрена система смешивания суспензий. Для окисления сульфита кальция до сульфата кальция кислород подается на дно скруббера.

Это технологическое оборудование включает также: пневмотранспортную систему, резервуар для хранения резервной суспензии из побочного продукта (7), емкость для сбора и временного хранения воды (отходов) (9), резервуары для хранения промышленной воды (10), системы автоматизации технологических процессов, системы измерения и контроля.

Влажная очистка считается эффективным методом, позволяющим одновременно обрабатывать пылевые частицы и кислые газы вместе с NO_x и SO_2 без применения посторонних химикатов и высокой температуры. Кроме того, долгосрочное повторное использование реагента, легкая повторная генерация, недорогие добавки и экологическая безопасность являются другими многообещающими преимуществами этой технологии. Следовательно, эта техника не требует сложного оборудования и может просто эксплуатироваться за счет потребления недорогих поглотителей, которые могут быть повторно использованы несколько раз. Однако существуют некоторые специфические

ограничения, такие как локальная регенерация промывочной жидкости или катализатора, низкая эффективность, нежелательные виды (N_2O , NeS -комплексы) со следами токсичного газа (NH_3) и многоступенчатые скрубберы для обработки сложных смесей газов.

Эти ограничения были устранены с помощью инновационных решений, которые сделали эту технологию коммерчески доступной и применимой к крупным электростанциям.



1-реактор; 2-силос; 3-смеситель; 4-бункер; 5-силос

Рисунок 7 - Принципиальная схема полусухой сероочистки [3]

Пройдя первую ступень газоочистки в циклоне поток газов направляется в реактор (1). При этом в газовый поток из силоса (2) вводится гашеная известь $Ca(OH)_2$ в виде порошка или суспензии, в зависимости от температуры газового потока. Параллельно в реактор (1) из смесителя (3) вводится увлажнённая смесь, состоящая из воды и золы, отбираемой из бункера рукавного фильтра (4). В реакторе параллельно протекают такие процессы как: кондиционирование, при котором распылённая и испарённая вода снижает температуру уходящих газов и повышает их влажность, сероочистка свежим

сорбентом и сероочистка циркулирующим сорбентом. Продукты реакции в виде сухого порошка попадают в рукавный фильтр (4), где продолжается процесс десульфуризации за счёт площади фильтрующего материала с осевшим на нём не прореагировавшим сорбентом. Уловленный продукт системой транспортировки частично отправляется в рецикл, а частично – в силос (5) для дальнейшей реализации. Степень рециркуляции уловленного продукта составляет 10-30 раз, что обеспечивает эффективную утилизацию извести.

Конечный продукт представляет собой летучую пыль, которая затвердевает при добавлении воды и образует смесь пыли и кальциевых соединений, которые химически связывают хлорные соединения и тяжелые металлы. Свойства конечного сухого продукта позволяют использовать его для отсыпки грунта, а также для следующих типов применения:

- засыпка шахт;
- щелочное удобрение;
- изолирующий материал;
- полотно для строительства дорог;
- строительные материалы.

В состав данного технологического оборудования также входят: система пневмотранспорта, системы транспортировки уловленного продукта, накопительный бак продукта сероочистки, накопительный бак технической воды, системы автоматизации процессов, системы измерения и мониторинга.

2 Экологическая ситуация и НУВ

2.1 Основные положения

Энергетические объекты являются крупнейшими генераторами SO₂, которые могут вызвать кислотные дожди. Сера-один из распространенных элементов, содержащихся в угле. При сжигании сера в угле превращается в диоксид серы.

Повышение концентрации SO₂ может вызывать разные хронические заболевания у населения, а также, вследствие нахождения диоксида серы в атмосфере порядка трех дней – образование кислотных дождей.

Электростанции должны соответствовать более жестким стандартам качества воздуха.

Так, в 2010 г. Правительством Российской Федерации внесён в Государственную Думу и прошёл третье чтение в 2014 г. проект ФЗ № 584587-5 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий». Согласно этому законопроекту, наилучшей доступной технологией является «совокупность используемые для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг на объектах, которые оказывают влияние воздействия на окружающую среду, технологических процессов, оборудования, методик, методов, приемов и средств, основанных на современных достижениях науки и техники, которые имеют лучшие сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды защиты, экономической целесообразности, при условии, что они являются технически возможно использовать».

Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для котельных установок, вводимых на ТЭС для твердых и жидких видов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для котельных установок, вводимых на ТЭС для твердых и жидких видов топлива [5].

Тепловая мощность котлов Q ,МВт (паропроизводительностью котла D ,т/ч)	Приведенное содержание серы $S_{пр}$, % · кг/МДж	Массовый выброс S_{ox} на единицу тепловой энергии	Массовый выброс SO_x кг/ту.т	Массовая концентрация SO_x в дымовых газах при $\alpha=1,4$ мг/м ³ при н.у.
до 199 (до 320)	0,45 и менее более	0,5 0,6	14,7 17,6	1200 1400
200-249 (320-400)	0,45 и менее более	0,4 0,45	11,7 13,1	950 1050
250-299 (400-420)	0,45 и менее более	0,3 0,3	8,8 8,8	700 700
300 и более (420 и более)	-	0,3	8,8	700

Правила организации наблюдений и контроля за загрязнением воздуха в городах и других населенных пунктах подробно изложены в ГОСТ 17.2.3.01- 86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила качества воздуха населенных пунктов».

2.2 Экологическая ситуация на примере Кемеровской области

Государственный мониторинг качества атмосферного воздуха в Кемеровской области в 2019 году проводился Южно-Сибирским межрегиональным управлением Росприроднадзора [11]. Согласно представленным данным, в 2019 году общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 1830 163 тыс. Тонн, что на 13,1% больше соответствующего значения 2018 года.

Основную роль в структуре выбросов, загрязняющих атмосферный воздух Кемеровской области, играют выбросы от деятельности промышленных предприятий, теплоэнергетических объектов, газо- и водоснабжения, автомобильного транспорта. Таким образом, доля общих выбросов от стационарных источников составила 96,2%.

Количество загрязнителей, поступивших от всех стационарных источников, составило 5 140 016 тыс. Тонн, в том числе 1 623 134 тыс. Тонн (31,6%) выброшено в атмосферный воздух без очистки и 3 516 882 тыс. Тонн (68,4%) поступило на очистные сооружения. Доля уловленных (обезвреженных) загрязняющих веществ из стационарных источников в общем объеме загрязняющих веществ снизилась по сравнению с прошлым годом и составила 65,8%.

Кроме того, уровень загрязнения атмосферного воздуха зависит от метеорологических условий (температура воздуха, скорость ветра, осадки и др.), Средние за год концентрации сравниваются с ПДК среднесуточных, ПДК - с максимальным разовым ПДК.

По динамике изменения выбросов за 2009-2019 годы общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух увеличился с 1733 628 тыс. Тонн до 1830 163 тыс. Тонн, или на 5,6%; объем выбросов от стационарных источников увеличился с 1438 789 тыс. тонн до 1760 071 тыс. тонн, или на 22,3%; от автомобильного транспорта снизился с 292 496 тыс. тонн до 69 492 тыс. тонн, или на 76,2%.

Динамика изменения выбросов за 2009-2019 годы представлена на рисунке 8.

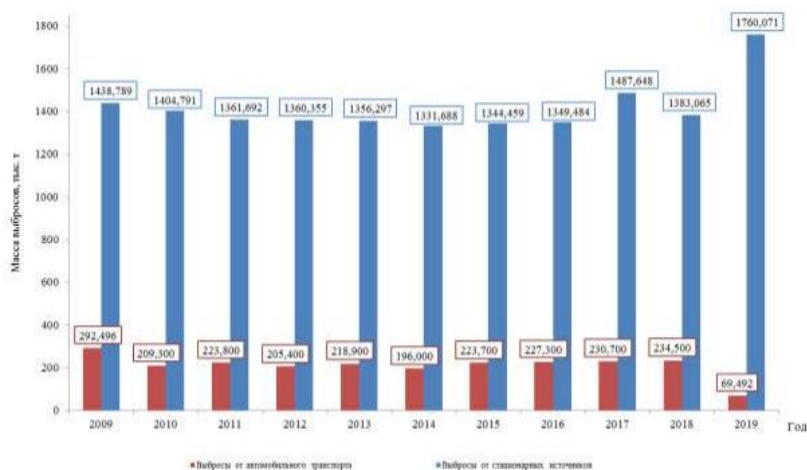


Рисунок 8 – Динамика изменения выбросов за 2009-2019 годы

За рассматриваемый период доля выбросов автомобильным транспортом в общих выбросах по региону в среднем составляла от 13,0% до 17,0%, в 2019 году - 3,8%. Значительное сокращение выбросов от автомобильного транспорта в 2019 году связано с расчетом данного показателя в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мобильных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт), разработанными АО «Исследовательский».

Динамика выбросов в атмосферу представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика выбросов в атмосферу

Наименование вещества	Выбросы веществ, тыс. т.										
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Всего по региону, в том числе:	1438,78 9	1404,79 1	1361,69 2	1360,35 5	1356,29 7	1331,68 8	1344,459	1349,48 4	1487,648	1383,065	1760,071
Твердые	159,758	158,305	150,463	154,598	130,816	138,321	146,136	142,084	146,780	138,436	154,852
Жидкие и газообразные, из них :	1279,03 1	1246,48 6	1211,22 9	1205,75 7	1225,48 1	1193,36 7	1198,323	1207,40 0	1340,868	1244,629	1605,220
SO2	117,804	113,655	101,720	109,998	99,041	100,862	110,908	124,928	133,541	115,066	120,147
CO	290,087	271,722	276,256	272,967	265,095	258,840	235,453	241,486	274,666	250,867	284,130
NO2	71,325	71,757	66,885	69,511	55,614	63,002	68,474	74,670	78,520	73,536	93,182
Углеводороды	781,282	770,827	748,272	732,618	790,017	756,371	768,964	754,417	840,069	775,458	1032,973
ЛОС	4,114	4,063	4,101	6,419	4,079	4,348	4,492	5,696	7,253	22,720	65,506
Прочие	14,419	14,462	13,995	14,244	11,635	9,944	10,032	6,203	6,819	6,982	9,282

Анализ данных:

1. Наибольшее значение выбросов зафиксировано в 2019 году, а именно 1760 071 кг.

2. Валовые выбросы загрязняющих веществ увеличились на 321282 тыс. тонн в период с 2009 по 2019 года. Наибольший рост показан по углеводородам на 251691 тыс. тонн.

3. Основными составляющими от масс выбросов в атмосферный воздух составляют:

- CH_4 (метан) – 61,7 %.
- CO (оксиды углерода) – 16,1 %.
- Твердые вещества – 8,8 %.
- SO_2 (диоксид серы) – 6,8 %.
- NO_2 (оксиды азота) – 5,3 %.

4. В целом можно говорить о повышении массовых выбросов. Так, в сравнении с 2018 годом наблюдается повышение массовых выбросов на 27%. В свою очередь, выбросы диоксида серы имеют так же возрастающий характер.

3 Анализ используемого топлива

Процессы добычи, переработки и сжигания органических топлив являются источником около 80% всех антропогенных выбросов в атмосферу, в том числе 90% углекислого газа – основного парникового компонента атмосферы, изменение содержания которого называют основной причиной нынешнего повышения температуры [7].

При сжигании твердого топлива, в первую очередь угля, летучая зола попадает в атмосферу с дымовыми газами, частицы которых содержат углерод, диоксид кремния, оксиды алюминия и железа, серу, некоторые органические соединения, тяжелые металлы и другие химические элементы.

При сжигании жидких и газовых топлив выход твердых частиц значительно ниже, но они и газообразные продукты характеризуются высокими концентрациями многих вредных химических веществ [7].

Сера S является горючим элементом топлива. Содержание серы в твердом топливе незначительно, за исключением сланцев. При сжигании сера выделяет небольшое количество теплоты (теплота сгорания серы 9,3 МДж/кг). Сера содержится в топливе в трех видах:

- Органическая сера - $S_{ор}$.
- Колчеданная сера – S_k .
- Сульфатная сера - S_c .

Органическая сера $S_{ор}$ и колчеданная S_k составляют так называемую летучую серу. В горении участвуют только органическая и колчеданная сера. Поэтому при выполнении теплотехнических расчетов учитывают содержание в топливе только летучей серы $S = S_{ор} + S_k$.

Сульфатная сера входит в минеральную часть топлива и в горении не участвует. При сжигании летучей серы образуются сернистый ангидрид SO_2 и в небольшом количестве серный ангидрид SO_3 , которые загрязняют атмосферу. Кроме того, наличие серного ангидрида SO_3 при определенных условиях приводит к коррозии металлических поверхностей нагрева агрегата.

В связи с этим сера является вредной примесью в топливе. Атомная масса серы 32.

Термохимическая обработка угля – один из эффективных способов извлечения из топлива органической серы. Термическая переработка топлив (газификация, пиролиз) на ТЭС перед сжиганием в энергетических котлах предполагает энерготехнологическое комплексное (ЭТК) использование органических топлив, при котором обеспечивается извлечение ценного химического сырья – различных смол и ароматических углеводородов.

Сернистые соединения топлив в процессе термической переработки при температурах 900–1300 С переходят в основном в газообразный сероводород H_2S . Методы очистки газов от сероводорода в технике достаточно отработаны и эффективны. Они позволяют выделить до 95 % H_2S из газа и использовать его для получения нужных народному хозяйству продуктов. В энергетических котлах сжигаются только очищенный от вредных примесей горючий газ и полукоксы, что и обеспечивает чистоту окружающей среды.

4 Перспективы внедрения десульфуризирующих установок на объекты теплоэнергетики в РФ

При существующем многообразии способов десульфуризации дымовых газов, подавляющее большинство которых основано на поглощении серы различными соединениями, методы очистки имеют существенный недостаток-ухудшение способности дымовых газов к диспергированию, приводящее к увеличению концентрации диоксида серы в поверхностном слое.

Кроме того, установки обессеривания дымовых газов занимают значительную площадь, сопоставимую с основными конструкциями электростанций, и их эксплуатация требует значительного расхода реагентов (например, 1,8 тонны известняка требуется для улавливания 1 тонны оксидов серы из дымовых газов электростанций) [6].

Однако главная проблема, препятствующая широкому использованию технологии десульфуризации связана с высокой стоимостью самих установок десульфуризации. Примерная стоимость одной такой установки составляет в среднем до 30% от стоимости самой ТЭС, в то время как стоимость штрафа будет кратно ниже. Так, например, штраф, наложенный ООО «Теплоснабжение» г. Байкальск в мае 2017 года, по результатам проверки Роспотребнадзора, за выбросы вредных (загрязняющих) веществ (в том числе оксидов серы) в атмосферный воздух без специального разрешения, составил 180 тысяч рублей. [2].

Очевидно, что сегодня ни одна из вышеперечисленных технологий не может считаться «наилучшей доступной технологией» для условий России.

В нынешней экономической ситуации имеет смысл обратить внимание на недорогие российские аналоги. Так, ученые Забайкальского государственного университета разработали малозатратный метод очистки дымовых газов от оксиды серы из котлов с факельным топливом с использованием цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Авторами

доказано, что способ очистки дымовых газов с помощью природных цеолитов является полноценным и конкурентоспособным методом, позволяющим проводить глубокую очистку дымовых газов с минимальными затратами на реализацию.

Кроме того, при рассмотрении вопросов снижения вредных выбросов предприятий энергетики не следует забывать и об энергосберегающих технологиях в различных областях теплоэнергетики, так как экономия энергоресурсов это, в конечном счете, снижение расхода топлива и, соответственно, снижение вредных выбросов.

Таким образом, можно сделать вывод, что проблема загрязнения окружающей среды в России связана не с отсутствием очистных технологий, а с понятным нежеланием энергогенерирующих предприятий внедрять эти технологии. Проблема должна решаться не наложением штрафов, а реализацией продуманного комплекса мер, включающего, в том числе, государственную поддержку энергетических предприятий и предприятий, коммерциализирующих энергоэффективные технологии.

5 Расчет вариантов использования систем десульфуризации дымовых газов

5.1 Расчет Массового выброса диоксида серы в зависимости от топлива и расхода топлива

Расчет проведем по методике, представленной в [12].

На примере энергоблока мощностью $N_3 = 100$ МВт, удельный расход тепла, которого $q_3 = 8500$ кДж/кВт·ч работающим на угле для очистки дымовых газов от диоксида серы применена мокрая известковая схема (технология МИС). Перед МИС установлен электрофильтр.

Проведем расчет МИС с использованием топлив разной сернистости при отключенной МИС для сравнения полученных результатов [9].

Выполним показатель расчет для Черемховского месторождения, результаты расчетов представленных месторождений (таблицы 5-7).

Исходные данные:

Таблица 5 – Исходные данные [7, таблица 1].

Месторождение – Черемховское.

$N_3,$ МВт	$A^p, \%$	$S^p, \%$	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$O^p, \%$	$N^p, \%$	$W^p, \%$	Q_H^p
100	27,0	1,0	46,2	3,4	8,7	0,7	13,0	17,9

Таблица 6 – Исходные данные [7, таблица 1].

Месторождение – Подмосковное.

$N_3,$ МВт	$A^p, \%$	$S^p, \%$	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$O^p, \%$	$N^p, \%$	$W^p, \%$	Q_H^p
100	26,5	2,9	27,4	2,2	8,6	0,4	32,0	9,9

Таблица 7 – Исходные данные [7, таблица 1].

Месторождение – Кизеловское.

N_3 , МВт	$A^p, \%$	$S^p, \%$	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$O^p, \%$	$N^p, \%$	$W^p, \%$	Q_H^p
100	31,0	6,1	48,5	3,6	4,0	0,8	6,0	19,7

Пример расчета:

Расход топлива:

$$B = \frac{q_3 \cdot N_3}{Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{8500 \cdot 100}{17,9 \cdot 0,92 \cdot 3600} = 14,337 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Выброс диоксида серы при отключенной СУ, г/с:

$$M'_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S^p \left(1 - \frac{\eta'_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta''_{SO_2}}{100}\right),$$

$$M'_{SO_2} = 20 \cdot 14,337 \cdot 1 \left(1 - \frac{10}{100}\right) \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 258,066 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

Для сравнения массовой концентрации SO_x в дымовых газах с НУВ, при выключенной сероулавливающей установки, рассчитывается массовая концентрация SO_x по следующей формуле:

$$C_{\text{вых}}' = \frac{M'_{SO_2}}{V_{\text{сг}} \cdot B}, \text{ г/м}^3,$$

где $V_{\text{сг}} = V_0^{\text{г}} - V_{H_2O}$, тогда

$$V_0^{\text{г}} = V_0(\alpha - 1) + V_{N_2O} + V_{RO_2} + V_{H_2O},$$

Теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для сгорания топлива:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,089 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,033 \cdot O^p = \\ &= 0,089 \cdot (46,2 + 0,375 \cdot 1) + 0,265 \cdot 3,4 - 0,033 \cdot 8,7 = \\ &= 4,759 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}. \end{aligned}$$

Теоретический объем азота:

$$V_{N_2O} = 0,79 \cdot V_0 + 0,008 \cdot N^p = 0,79 \cdot 4,759 + 0,008 \cdot 0,7 = 3,7596 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}},$$

Теоретический объем трехатомных газов:

$$V_{R_{O_2}} = 1,866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) \cdot 10^{-2} = 1,866 \cdot (46,2 + 0,375 \cdot 1) \cdot 10^{-2} =$$

$$= 0,869 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Объем водяных паров:

$$V_{H_2O} = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V_0 + 0,016(\alpha - 1) \cdot V_0 =$$

$$= 0,111 \cdot 3,4 + 0,0124 \cdot 13 + 0,0161 \cdot 4,759 + 0,016 \cdot (1,4 - 1) \times$$

$$\times 4,759 = 0,64 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Удельный объем дымовых газов:

$$V_0^r = 4,759 \cdot (1,4 - 1) + 3,7596 + 0,869 + 0,64 = 7,1716 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}.$$

$$V_{\text{сг}} = 7,1716 - 0,64 = 6,5316 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}.$$

$$C'_{\text{вых}} = \frac{258,066}{6,5316 \cdot 14,337} = 2,75 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 2750 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Результаты расчета сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета

Месторождение	$B \frac{\text{кг}}{\text{с}};$	$S^p, \%$	$M'_{SO_2} \frac{\text{г}}{\text{с}};$	$C'_{\text{вых}} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$
Черехомское	14,337	1,0	258,066	2750,00
Подмосковное	25,923	2,9	1353,205	13357,44
Кизеловское	13,027	6,1	1430,423	15018,10

Вывод:

По полученным данным можно говорить о том, что с ростом содержания серы в топливе так же растет и ее массовая концентрация в дымовых газах.

При сравнении полученных данных с НУВ (таблица 3) можно заметить значительное превышение массовой концентрации диоксидов серы - необходимо использование систем десульфуризации.

5.2 Сравнительный расчет двух систем десульфуризирующих установок

На примере энергоблока мощностью $N_3 = 100$ МВт, удельный расход тепла которого $q_3 = 8500$ кДж/кВт·ч, температура дымовых газов $t_{дг} = 170$ °С, паропроизводительностью $D = 420$ т/ч, $KNO_2 = 0,24$ кг/ГДж; $\eta_{SO_2} = 0,9$; $\eta_{NO} = 0,9$ работающим на угле для очистки дымовых газов от диоксида серы.

Для расчета были представлены две методики расчета:

1. Мокро-известняковый способ очистки дымовых газов.
2. Электронно-лучевой способ.

5.2.1 Мокро-известняковый способ очистки дымовых газов

Применена мокрая известковая схема (технология МИС). Перед МИС установлен электрофильтр [9 черт.].

Число часов работы сероулавливающей установки примем $\tau_{cy} = 4500$ часов, работы котла $\tau_k = 5000$ час/год.

Эффективность СУ $\eta_{cy} = 0,98$ коэффициент использования известняка в процессе очистки $K_{исп} = 0,9$; доля чистого известняка $K_{CaCO_3} = 0,8$.

Определить:

- годовой расход известняка на сероулавливающую установку, т/год;
- количество образующихся отходов, т/год;
- секундный (г/с) и годовой (т/год) выброс диоксидов серы в атмосферу
- сравнить массовую концентрацию SO_2 в дымовых газах с НУВ при работе сероулавливающей установки и при ее отключении.

Выполним показатель расчет для Черемховского месторождения, результаты расчетов представленных месторождений сведем в таблицу 9.

Пример расчета:

Расход топлива:

$$B = \frac{q_3 \cdot N_3}{Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{8500 \cdot 100}{17,9 \cdot 0,92 \cdot 3600} = 14,337 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расход известняка на СУ, кг/с:

$$G_{CaCO_3} = \mu_1 B \frac{S^p}{100 K_{\text{исп}}} \frac{\eta_{\text{су}}}{K_{CaCO_3}},$$

где μ_1 – соотношение молекулярных масс известняка и серы:

$$\mu_1 = \frac{\mu_{CaCO_3}}{\mu_s} = \frac{100}{32} = 3,125.$$

$$G_{CaCO_3} = 3,125 \cdot 14,337 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{0,98}{0,9 \cdot 0,8} = 0,610 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расход образовавшихся отходов (гипса), кг/с:

$$G_{\text{отх}} = (\mu_2 K_{\text{исп}} + 1 - K_{\text{исп}}) G_{CaCO_3},$$

μ_2 – соотношение молекулярных масс отходов и известняка.

$$\mu_2 = \frac{\mu_{CaSO_4} + 2\mu_{H_2O}}{\mu_{CaCO_3}} = \frac{136 + 2 \cdot 18}{100} = 1,72.$$

$$G_{\text{отх}} = (1,72 \cdot 0,9 + 1 - 0,9) \cdot 0,610 = 1,005 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Годовые расходы: известняка, т/год:

$$G_{\text{изв}}^{\text{год}} = 3,6 \tau_{\text{су}} G_{CaCO_3},$$

$$G_{\text{изв}}^{\text{год}} = 3,6 \cdot 4500 \cdot 0,610 = 9882 \frac{\text{т}}{\text{год}}.$$

Обводненного гипса, т/год:

$$G_{\text{обв}}^{\text{год}} = 3,6 \tau_{\text{су}} G_{\text{отх}},$$

$$G_{\text{обв}}^{\text{год}} = 3,6 \cdot 4500 \cdot 1,005 = 16281 \frac{\text{т}}{\text{год}}.$$

Выброс диоксида серы в атмосферу, г/с:

$$M_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S^p \left(1 - \frac{\eta'_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta''_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta_{\text{су}} \tau_{\text{су}}}{100 \tau_k}\right),$$

где η'_{SO_2} – доля SO_2 , уловленная золовыми частицами в газоходе котла (см. табл.3.1.); η''_{SO_2} – доля SO_2 , уловленная в золоуловителях: для сухих золоуловителей $\eta''_{SO_2} = 0$,

$$M_{SO_2} = 20 \cdot 14,337 \cdot 1 \left(1 - \frac{10}{100}\right) \left(1 - \frac{0}{100}\right) \left(1 - \frac{98}{100} \cdot \frac{4500}{5000}\right) = 30,455 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Выброс диоксида серы при отключенной СУ, г/с:

$$M'_{SO_2} = 20 \cdot B \cdot S^p \left(1 - \frac{\eta'_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta''_{SO_2}}{100}\right),$$

$$M'_{SO_2} = 20 \cdot 14,337 \cdot 1 \left(1 - \frac{10}{100}\right) \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 258,066 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Годовой выброс диоксида серы в атмосферу, т/год:

$$\begin{aligned} M_{SO_2} &= [M_{SO_2} \tau_{cy} + M'_{SO_2} (\tau_k - \tau_{cy})] \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = \\ &= [30,455 \cdot 4500 + 258,066 \cdot (5000 - 4500)] \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 957,89 \frac{\text{т}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Для сравнения массовой концентрации SO_x в дымовых газах с НУВ, рассчитывается массовая концентрация SO_x по следующей формуле:

$$C_{\text{вых}} = \frac{M_{SO_2}}{V_{\text{сг}} \cdot B}, \text{ г/м}^3,$$

где $V_{\text{сг}} = V_0^{\text{г}} - V_{H_2O}$, тогда

$$V_0^{\text{г}} = V_0(\alpha - 1) + V_{N_2O} + V_{RO_2} + V_{H_2O},$$

Теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для сгорания топлива:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,089 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 \cdot H^p - 0,033 \cdot O^p \\ &= 0,089 \cdot (46,2 + 0,375 \cdot 1) + 0,265 \cdot 3,4 - 0,033 \cdot 8,7 = \\ &= 4,759 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}} \end{aligned}$$

Теоретический объем азота:

$$V_{N_2O} = 0,79 \cdot V_0 + 0,008 \cdot N^p = 0,79 \cdot 4,759 + 0,008 \cdot 0,7 = 3,7596 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}},$$

Теоретический объем трехатомных газов:

$$V_{R_{O_2}} = 1,866 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) \cdot 10^{-2} = 1,866 \cdot (46,2 + 0,375 \cdot 1) \cdot 10^{-2} =$$

$$= 0,869 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Объем водяных паров:

$$V_{H_2O} = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 0,0161 \cdot V_0 + 0,016(\alpha - 1) \cdot V_0 =$$

$$= 0,111 \cdot 3,4 + 0,0124 \cdot 13 + 0,0161 \cdot 4,759 + 0,016 \cdot (1,4 - 1) \times$$

$$\times 4,759 = 0,64 \frac{\text{н} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Удельный объем дымовых газов:

$$V_0^\Gamma = 4,759 \cdot (1,4 - 1) + 3,7596 + 0,869 + 0,64 = 7,1716 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}.$$

$$V_{\text{сг}} = 7,1716 - 0,64 = 6,5316 \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}.$$

$$C_{\text{вых}} = \frac{30,455}{6,5316 \cdot 14,337} = 0,325 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 325 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Для сравнения массовой концентрации SO_x в дымовых газах с НУВ, при выключенной сероулавливающей установки, рассчитывается массовая концентрация SO_x по следующей формуле:

$$C_{\text{вых}}' = \frac{M'_{SO_2}}{V_{\text{сг}} \cdot B}, \text{ г/м}^3,$$

$$C_{\text{вых}}' = \frac{258,066}{6,5316 \cdot 14,337} = 2,75 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 2750 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Результаты расчетов для оставшихся месторождений проведем по аналогичной методике и сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты расчета

Месторождение	$B \frac{\text{кг}}{\text{с}};$	$G_{CaCO_3} \frac{\text{кг}}{\text{с}};$	$G_{\text{отх}} \frac{\text{кг}}{\text{с}};$	$G_{\text{изв}}^{\text{год}} \frac{\text{т}}{\text{год}};$	$G_{\text{обв}}^{\text{год}} \frac{\text{т}}{\text{год}};$
Черехомское	14,337	0,610	1,005	9882,00	16281,00
Подмосковное	25,923	3,197	5,269	51802,42	85370,38
Кизеловское	13,027	3,380	5,570	54758,41	90241,86

Продолжение таблицы 9.

$M_{SO_2} \frac{\text{г}}{\text{с}};$	$M'_{SO_2} \frac{\text{г}}{\text{с}};$	$M_{SO_2} \frac{\text{т}}{\text{год}};$	$C_{\text{вых}} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$	$C'_{\text{вых}} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$
30,455	258,066	957,890	325,00	2750,00
159,678	1353,205	5022,560	1576,17	13357,44
168,790	1430,423	5309,160	1772,13	15018,10

Вывод:

При сравнении полученных данных с НУВ (таблица 9) получим следующие выводы:

1. Черехомское месторождение:

Принимая производительность котла 420 т/ч и более, можно говорить о том, что массовая концентрация SO_2 укладывается в норматив удельных выбросов оксида серы в атмосферу, предельная граница которого – 700 мг/м³, но если сероулавливающая установка включена. Если ее отключить, массовая концентрация диоксида серы превысит нормативы удельных выбросов.

2. Подмосковное месторождение:

Принимая производительность котла 420 т/ч и более, можно говорить о том, что массовая концентрация SO_2 не укладывается в норматив удельных выбросов оксида серы в атмосферу, предельная граница которого – 700 мг/м³.

3. Кизеловское месторождение:

Принимая производительность котла 420 т/ч и более, можно говорить о том, что массовая концентрация SO_2 не укладывается в норматив удельных выбросов оксида серы в атмосферу, предельная граница которого – 700 мг/м^3 .

5.2.2 Электронно-лучевой способ

Исходные данные аналогичны пункту 5.2.

Приведенная схема электронно-лучевой очистки дымовых газов представлена в [10 черт.]. Электронно-лучевой способ очистки дымовых газов представлен на рисунке 9.

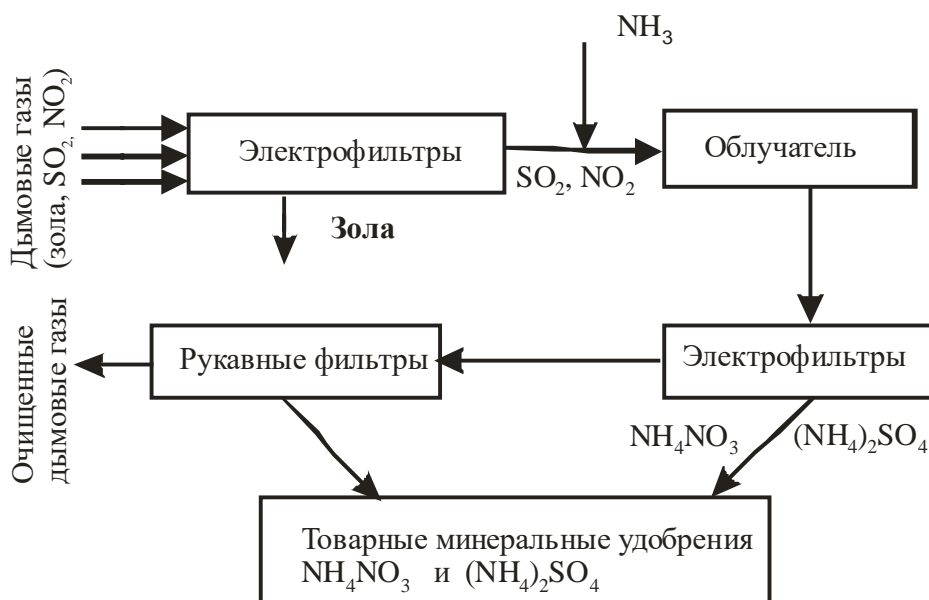


Рисунок 9 – Электронно-лучевой способ очистки дымовых газов

Пример расчета:

Расход топлива:

$$B = \frac{q_3 \cdot N_3}{Q_H^p \cdot \eta_k} = \frac{8500 \cdot 100}{17,9 \cdot 0,92 \cdot 3600} = 14,337 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Массовый выброс оксида серы:

$$\begin{aligned}
 M_{SO_2} &= 20 \cdot B \cdot S^p \left(1 - \frac{\eta'_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta''_{SO_2}}{100}\right) \left(1 - \frac{\eta_{cy} \tau_{cy}}{100 \tau_K}\right) = \\
 &= 20 \cdot 14,337 \cdot 1 \left(1 - \frac{10}{100}\right) \left(1 - \frac{0}{100}\right) \left(1 - \frac{98}{100} \cdot \frac{4500}{5000}\right) = \\
 &= 30,455 \frac{\Gamma}{c}.
 \end{aligned}$$

Расход аммиака на связывание оксида серы:

$$G_{NH_3}^{SO_2} = \frac{M_{SO_2} \cdot \mu_1}{\eta_{SO_2}} = \frac{30,455 \cdot 0,531}{0,9} = 17,967 \frac{\Gamma}{c}.$$

где, отношение молярных масс аммиака и оксида серы:

$$\mu_1 = \frac{2 \cdot \mu_{NH_3}}{\mu_{SO_2}} = \frac{2 \cdot (14 + 3)}{32 + 2 \cdot 16} = 0,531.$$

Расход аммиака на связывание оксида азота:

$$G_{NH_3}^{NO} = \frac{M_{NO} \cdot \mu_2}{\eta_{NO}} = \frac{40,257 \cdot 0,567}{0,9} = 25,362 \frac{\Gamma}{c}.$$

где, отношение молярных масс аммиака и оксидов азота:

$$\mu_2 = \frac{\mu_{NH_3}}{\mu_{NO}} = \frac{17}{14 + 16} = 0,567.$$

Массовый выброс оксида азота

$$M_{NO} = \frac{KNO_2 \cdot B \cdot Q_H^P}{1,53} = \frac{0,24 \cdot 14,337 \cdot 17,9}{1,53} = 40,257 \frac{\Gamma}{c}.$$

Общий расход аммиака:

$$G_{NH_3}^{SO_2} + G_{NH_3}^{NO} = 17,967 + 25,362 = 43,329 \frac{\Gamma}{c}.$$

Расход образовавшейся соли $(NH_4)_2SO_4$:

$$G' = \mu_3 \cdot G_{NH_3}^{SO_2} = 3,88 \cdot 17,967 = 69,713 \frac{\Gamma}{c}.$$

где, отношение молярных масс соли $(NH_4)_2SO_4$ аммиака:

$$\mu_3 = \frac{\mu_{(NH_4)_2SO_4}}{2 \cdot \mu_{NH_3}} = \frac{(14 + 4) \cdot 2 + 32 + 4 \cdot 16}{2 \cdot (14 + 3)} = 3,88.$$

Расход образовавшейся соли NH_4NO_3 :

$$G'' = \mu_4 \cdot G_{NH_3}^{NO} = 4,94 \cdot 25,362 = 125,289 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

где, отношение молекулярных масс соли NH_4NO_3 и аммиака:

$$\mu_4 = \frac{\mu_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{\mu_{\text{NH}_3}} = \frac{14 + 4 + 14 + 3 \cdot 16}{14 + 3} = 4,94.$$

Количество образовавшихся солей:

$$G = G' + G'' = 69,713 + 125,289 = 195 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Удельный расход аммиака:

$$q_{NH_3} = \frac{G_{NH_3}^{NO}}{N_3} = \frac{25,362}{100} = 0,25362 \frac{\text{г}}{\text{Дж}}.$$

Для сравнения массовой концентрации SO_x в дымовых газах с НУВ, рассчитывается массовая концентрация SO_x по следующей формуле:

$$C_{\text{вых}} = \frac{M_{\text{SO}_2}}{V_{\text{сг}} \cdot B} = \frac{30,455}{6,5316 \cdot 14,337} = 0,325 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}.$$

Вывод:

В результате расчетов были найдены полный расход аммиака на РХО, количество образующихся шлаков, удельные расходы аммиака, шлаков, а также была представлена схема радиационно-химического обезвреживания дымовых газов.

5.3 Сравнение полученных результатов с ПДВ

Норматив допустимого выброса загрязняющих веществ в атмосферу – предельно допустимый выброс (ПДВ) – устанавливается для каждого источника выбросов и от совокупности источников.

Представим расчет приземных концентраций на примере Черехомского месторождения.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Исходные данные

Расположение ТЭС	Томск
Коэффициент стратификации А	200
Температура наружного воздуха $t_{нв}$, °С	+22,5
Количество энергоблоков k	4

Типоразмер бетонных труб примем согласно [9]: принимаем $D = 6$ м, $H = 180$ м. Данные сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Принятый типоразмер труб

Диаметр Трубы D, м	Высота дымовой трубы – H, м						
	120	150	180	250	320	360	420
	Оптимальная скорость газов в устье дымовой трубы, м/с						
	20	20-23	23-25	25-30	30-37	35-40	40-45
6,0	+	+	+				

Находим объем дымовых газов по формуле:

$$V_{дг} = V_0 \cdot B \frac{t_{гд} + 273}{273} = 7,1716 \cdot 14,337 \frac{170 + 273}{273} = 166,845 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Скорость выходных газов из устья трубы определяется по формуле:

$$w_0 = \frac{4kV_{дг}}{\pi D^2}, \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

где D – диаметр устья следует выбирать из стандартного ряда, представленного в таблице для указанной высоты дымовой трубы, так, чтобы скорость дымовых газов интервалу скоростей для данной высоты дымовой трубы; k – количество энергоблоков, примем равное 4.

Пусть $D = 6,0$ м, тогда:

$$w_0 = \frac{4 \cdot 4 \cdot 166,845}{\pi \cdot 6,0^2} = 23,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

При диаметре устья, равном 6,0 м, скорость укладывается в диапазон скоростей, указанный в типоразмере железобетонных дымовых труб для данной высоты трубы.

Рассчитаем коэффициент f :

$$f = 10^3 \cdot w_0^2 \cdot \frac{D}{H^2 \Delta T},$$

где $\Delta T = T_{\text{дг}} - t_{\text{нв}}, ^\circ\text{C}$.

$$f = 10^3 \cdot 23,6^2 \cdot \frac{6,0}{180^2 \cdot (170 - 22,5)} = 0,7.$$

Коэффициент, учитывающий условия выхода из трубы:

$$m = 1/(0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f})$$

$$m = 1/(0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,7} + 0,34\sqrt[3]{0,7}) = 1,271.$$

Коэффициент n определяется в зависимости от параметра V_M : для ТЭС обычно $V_M > 2$ и $n = 1$.

Приземная концентрация рассчитывается по формуле:

$$C_{mi} = \frac{A \cdot k \cdot M_i \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p}{H^2 \cdot \sqrt[3]{k \cdot V_{\text{дг}} \cdot \Delta T}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3},$$

где $F = 1$ (для SO_2);,

При включенной установке:

$$C_{M_{\text{SO}_2}} = \frac{200 \cdot 4 \cdot 30,455 \cdot 1 \cdot 1,271 \cdot 1 \cdot 1}{180^2 \cdot \sqrt[3]{4 \cdot 166,845 \cdot (170 - 22,5)}} = 0,02 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

При выключенной установке:

$$C'_{M_{\text{SO}_2}} = \frac{200 \cdot 4 \cdot 258,066 \cdot 1 \cdot 1,271 \cdot 1 \cdot 1}{180^2 \cdot \sqrt[3]{4 \cdot 166,845 \cdot (170 - 22,5)}} = 0,169 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Рассчитаем предельно допустимый выброс диоксида серы по формуле:

$$\begin{aligned} C_{\text{SO}_2 \text{ ПДВ}} &= \frac{C_{\text{SO}_2 \text{ ПДК}} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{k \cdot V_{\text{дг}} \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta_p} = \\ &= \frac{0,5 \cdot 180^2 \cdot \sqrt[3]{4 \cdot 166,845 \cdot (170 - 22,5)}}{200 \cdot 4 \cdot 30,455 \cdot 1 \cdot 1,271 \cdot 1 \cdot 1} = 24,2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Оценим диапазон фоновый концентраций диоксида серы ($C_i + C_{\phi} \leq C_{SO_2 \text{ ПДК}}$) и сравним полученные значения с ПДК (таблица 12).

Необходимым и достаточным для выполнения этого норматива является условие, что выбросы загрязняющих веществ от данного источника, с учетом перспективы развития предприятия и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, не должны превышать (с учетом фоновое загрязнение) предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [8].

Сравнение с ПДК для Черехомского месторождения сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Сравнение с ПДК для Черехомского месторождения

	$C_i, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\phi}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{SO_2 \text{ ПДВ}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{SO_2 \text{ ПДК}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$
Включенная установка	0,02	$\leq 0,48$	24,2	0,5
Выключенная установка	0,169	$\leq 0,331$		

Расчеты для Подмосковного и Кизеловского месторождений рассчитаны аналогично и представлены в таблицах 13,14.

Таблица 13 – Сравнение с ПДК для Подмосковского месторождения

	$V_{\text{дг}} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	$w_0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$H, \text{м}$	$D, \text{м}$	f	m	$C_i, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{ф}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{SO}_2 \text{ ПДВ}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{SO}_2 \text{ ПДК}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$
Включенная установка	194,0	19,1	120	7,2	1,23	0,87	0,16	$\leq 0,34$	3,13	0,5
Выключенная установка							0,85	—	—	

Таблица 14 – Сравнение с ПДК для Кизеловского месторождения

	$V_{\text{дг}} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	$w_0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$H, \text{м}$	$D, \text{м}$	f	m	$C_i, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{ф}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{SO}_2 \text{ ПДВ}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	$C_{\text{SO}_2 \text{ ПДК}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$
Включенная установка	167,2	23,7	180	6,0	0,7	0,95	0,72	—	—	0,5
Выключенная установка							1,35	—	—	

Вывод:

Черехомское месторождение

При использовании топлива Черехомского месторождения концентрация диоксида серы находится в пределах ПДК в случаях включенной и отключенной установки, остается запас для фоновых концентраций диоксида серы, концентрация предельно допустимого выброса достигает значения в $24,2 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$.

Подмосковное месторождение

При использовании топлива Подмосковного месторождения концентрация диоксида серы находится в пределах ПДК в случаях включенной установки, остается запас для фоновых концентраций диоксида серы, концентрация предельно допустимого выброса достигает значения в $3,13 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$.

Кизеловское месторождение

При использовании топлива Кизеловского месторождения концентрация диоксида серы выходит за нормы ПДК во всех случаях. Рекомендуются повышение эффективности сероулавливающего оборудования. Имеет смысл проведения очистки топлива от серы до сжигания (газификация, пиролиз) или применения методов уменьшения выбросов в процессе сжигания топлива.

**Задание для раздела
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ. И.Н.Бутакова
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Затраты на з/п – 39377,0 руб.; Отчисления во внебюджетные фонды – 12600,64 руб.; Прочие расходы – 5409,0 руб.; Накладные расходы 7875,4 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 10 % Районный коэффициент – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды 30,2 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры работ в рамках научно-технического проекта; Определение трудоемкости выполнения работ; Составление графика проведения научно-технического проекта; Определение бюджета научно-технического проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение финансовой и ресурсной эффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Матрица SWOT 2. График проведения	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.02.2021
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	канд.экон.наук		08.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В данном разделе ВКР выполняется расчет основных параметров для разработки комплекса по очистке дымовых газов.

В современных условиях существует проблема очистки дымовых газов, получаемых в результате сжигания твёрдого топлива на котлоагрегатах ТЭС.

В связи с этим изучены способы и технологии комплексной очистки дымовых газов. Первостепенно необходимо добиться того, чтобы продукт обладал хорошими физическими, химическими свойствами и высокой конкурентоспособностью на рынке сбыта. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основной вопрос, который стоит в сфере энергетики – уменьшение влияния отработавших дымовых газов на экологическую составляющую окружающей среды. С этой целью разрабатываются сложные системы очистки дымовых газов.

В данной работе представлены оборудования по очистки дымовых газов от оксидов серы.

Основным потребителем представленного комплекса оборудования являются объекты теплоэнергетики РФ: ТЭС, ТЭЦ и ГРЭС.

Так как, конечный продукт десульфуризации дымовых газов представляет собой летучую пыль, которая затвердевает при добавлении воды и образует смесь пыли и кальциевых соединений, которые химически связывают хлорные соединения и тяжелые металлы, данный продукт нашел свое применение в отраслях:

1. Сельского хозяйства: в виде щелочного удобрения;
2. Строительства: засыпка шахт; изолирующий материал; полотно для строительства дорог; строительные материалы.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На сегодняшний день в России не существует производителей сероулавливающих установок.

Однако, существуют конкуренты – ведущие европейские производители. Они предоставляют следующие технические решения:

- Мокрая известняковая очистка (МИО)
- Электронно-лучевая очистка (ЭЛО)
- Термохимическая обработка угла (ТОУ)

Данные технических решений были выбраны для сравнения в оценочной карте по причине высокой производительности и качества выпускаемой продукции на европейском рынке.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 –слабая позиция, а 5 –сильная. Веса показателей в сумме должны составлять 1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1 _{МИО}	Б2 _{ЭЛО}	Б3 _{ТОУ}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Термическая стойкость	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
2. Морозостойкость	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Возобновляемость реагента	0,08	5	3	2	0,4	0,24	0,16
4. Прочность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
5. Эффективность	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,28
6. Простота эксплуатации	0,06	4	2	5	0,24	0,12	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
2. Цена	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,28
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
Итого	1	41	33	33	3,45	2,8	2,82

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * \text{Б}_i,$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы); Б_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия:

$$K_K = \frac{K_{\phi}}{K_{\text{ср}}} = \frac{3,45}{(2,8 + 2,82)/2} = 1,22,$$

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, показал, что коэффициент конкурентоспособности (K_K) предприятия равен 1,22. Так как $K_K > 1$, следовательно, проект конкурентоспособен.

6.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции представленного производства является Европейский рынок. SWOT-анализ используют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он дает четкое представление о ситуации в рассматриваемой отрасли и указывает, в каких направлениях нужно действовать производителю, используя сильные стороны, чтобы максимизировать возможности и свести к минимуму угрозы и слабости. SWOT-анализ рассматриваемой технологии представлен в таблице 16.

Таблица 16 – SWOT-анализ для исследования внешней и внутренней среды предлагаемого в работе комплекса по очистке дымовых газов.

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: <ol style="list-style-type: none"> 1. Бесплатное сырье для производства. 2. Поддержка государства в реализации продукта. 3. Низкая себестоимость продукта. 	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: <ol style="list-style-type: none"> 1. Нестандартность продукта. 2. Издержки на логистику.
Возможности: <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличенный спрос из-за низкой цены. 2. Применение на практике научных исследований в области улучшения строительных материалов. 3. Полная или частичная утилизация вторичных продуктов. 	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» <ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержка государства в связи полной или частичной утилизации вредных отходов. 2. Увеличение спроса, благодаря низкой цены и себестоимости продукта. 	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» <ol style="list-style-type: none"> 1. Реализация научных знаний в области улучшения стройматериалов с целью повышения качества продукта.
Угрозы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость оборудования очистки газов. 2. Большое количество конкурентов и альтернативных продуктов. 3. Трудности в поиске потребителей. 	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» <ol style="list-style-type: none"> 1. Финансовая и льготная поддержка государства в финансировании проектирования комплекса по переработки отходов. 2. Бесплатное сырье для производства продукта на фоне конкурентов. 	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие требования к качеству продукции подразумевают покупку дорогого оборудования.

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что продукт имеет преимущества перед конкурентами при выходе на рынок: бесплатное сырье для производства, поддержка со стороны государства, низкая себестоимость продукта. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: высокие требования к продукту, издержки из-за логистики продукта. Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо сформировать и продвигать на рынок продукцию.

6.2 Инициация проекта

6.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 17. Цели и результаты проекта представлены в таблице 18.

Таблица 17 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ И.Н. Бутакова	Анализ возможности применения сероулавливающих установок в энергетике России

Таблица 18 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Оценка возможности использования сероулавливающих установок
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка системы очистки газа для улучшения экологической ситуации.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие продуктов переработки всем указанным требованиям
Требования к результату проекта:	Возможность использования продукта очистки разных отраслях

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения работы, составляется план. В нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей, участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные

отчисления. Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице 19.

Таблица 19 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность, дней
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель Инженер	1
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	Инженер	13
3	Анализ системы десульфуризации	Инженер	8
4	Расчет электрофильтров	Инженер	2
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	Научный руководитель Инженер	1
6	Исследование характеристик топлива	Инженер	8
7	Исследование оборудования технологии переработки	Инженер	6
8	Проверка расчетов	Научный руководитель Инженер	1
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	10
10	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель Инженер	1

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; $t_{\text{min}i}$ – минимальное время для выполнения данного

этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; $t_{\max i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2021 году 365 календарных дней, из них 66 выходных для и 14 праздничных дней (для 6 дневной рабочей недели). Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

В таблице 20 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.











Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования



№	Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Т _р , раб. дн.	Т _{кi} , кал. дн.
		t _{min} , чел- дн.	t _{max} , чел- дн.	t _{ож} , чел- дн.			
1	Выдача и получение задания	1	2	1,4	НР, И	0,7	1,0
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	8	13	10	И	10	14,8
3	Анализ системы десульфуризации	6	8	6,8	И	6,8	10,1
4	Расчет систем десульфуризации	1	2	1,4	И	1,4	2,1
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	1	1	1	И	1	1,5
6	Исследование характеристик топлива	6	8	6,8	НР, И	3,4	5,0
7	Исследование оборудования технологии переработки	4	6	4,8	И	4,8	7,1
8	Проверка расчетов	1	1	1	И	1	1,5
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	7	10	8,2	И	8,2	12,11
10	Утверждение ВКР руководителем	1	1	1	НР, И	1	1,5

НР – научный руководитель; И – инженер.

На основе таблицы 20 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта (таблица 21).

Таблица 21 - График Ганта

№	Вид работ	Тк _і , кал.д ней	Продолжительность выполнения работ								
			март		апрель			май			июнь
			2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Выдача и получение задания	1,0									
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	14,8									
3	Анализ системы десульфуризации	10,1									
4	Расчет электрофильтров	2,1									
5	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	1,5									
6	Исследование характеристик топлива и различных вариантов переработки золы	5,0									
7	Исследование оборудования технологии переработки	7,1									
8	Проверка расчетов	1,5									
9	Оформление работы по стандартам ТПУ	12,11									
10	Утверждение ВКР руководителем	1,5									

 -научный руководитель;  - инженер

6.4 Бюджет разрабатываемого комплекса

6.4.1 Расчет затрат на покупку оборудования

Целью проекта является создание и внедрения очистительной системы для десульфуризации дымовых газов (известняковая влажная очистительная система).

Капитальные вложения в проект: на основании полученных результатов, которые касаются технологической возможности применения сероулавливающих установок, получены определённые затраты, а также найден экономический эффект. Первоначальные инвестиции в проект сводим в таблицу 22.

Расчет единовременных капитальных вложений:

Таблица 22 - Первоначальные инвестиции в проект

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Цена оборудования, руб.
Очистительная система для десульфуризации дымовых газов	1	2744185,5 – 3333741,1
КИПиА	1	1000000
Итого		4333741,1

*Цена варьируется в зависимости от комплектующих

Суммарные инвестиции на проект составят $K = 4,333$ млн. руб.

Амортизационные затраты на оборудование :

$$И_{ам.об.} = K \cdot T_{ам} = 4333741,1 \cdot 0,2 = 866\,748 \text{ руб.}$$

где, $T_{ам} = 20\%$ – норма амортизации;

6.4.2 Расчет затрат и договорной цены на проектирование и проведение расчетов и моделирования

Расчет затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены.

Перечень работ и оценка времени их выполнения сводим в таблицу 23.

Таблица 23 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

Наименование работ	Время для выполнения задания в днях	
	Инженер	Руководитель
1. Составление и выдача задания	1	1
2. Сбор информации по объекту модернизации и ее анализ	7	
3. Характеристика станции являющейся объектом модернизации	2	
4. Анализ систем десульфуризации	3	
5. Расчет характеристик систем десульфуризации	6	
6. Расчет и исследования полученных параметров	8	
7. Финансовый менеджмент	3	
8. Социальная ответственность.	3	
9. Консультации с руководителем	2	2
10 Оформление отчета	4	
11. Проверка исправлений и замечаний и утверждение ВКР руководителем	1	1
Итого	40	4

6.4.3 Расчет сметы затрат на разработку проекта

Затраты на проект:

$$K_{\text{пр}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{со}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{нр}}$$

где $I_{\text{мат}}$ – материальные затраты, руб.;

$I_{ам}$ – затраты на амортизацию, руб.;

$I_{зп}$ – затраты на заработанную плату, руб.;

$I_{со}$ – затраты на социальные отчисления, руб.;

$I_{пр}$ – прочие затраты, руб.;

$I_{нр}$ – накладные расходы, руб.

6.4.4 Материальные затраты

Для выполнения работ использована была бумага формата А-1 на сумму - 1100.

Тогда, суммарные материальные затраты:

$$I_M = K + 1100 = 4334741,1 + 1100 = 4335841,1 \text{ руб.}$$

6.4.5 Амортизация основных фондов и нематериальных актив

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Амортизация основных фондов

Вид техники	Количество	Стоимость техники, $C_{к.т}$	Норма амортизации, $T_{ам}$	Затраты на амортизацию, $I_{ам}$
Компьютер	1	45000руб.	20%	1010,9 руб.
Ноутбук	1	32000 руб.	0%	0 руб.
Принтер	1	5000 руб.	0%	0 руб.

Амортизационные отчисления найдем по формуле:

$$I_{ам} = \frac{T_{исп.к.т}}{T_{ккал \text{ дней}}} \cdot C_{к.т} \cdot \frac{1}{T_{ам}}$$

где $C_{к.т}$ - цена компьютерной техники;

$T_{ам}$ - срок службы, $T_{ам} = 5$ лет;

T - время использования основных фондов (в днях).

$$I_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.к.т}}}{T_{\text{ккал.дней}}} \cdot C_{\text{к.т}} \cdot \frac{1}{T_{\text{ам}}} = \frac{41}{365} \cdot 45000 \cdot \frac{1}{5} = 1010,9 \text{ рублей};$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$\sum I_{\text{ам.осн}} = I_{\text{ам.комп.}} + I_{\text{ам.об.}} = 1010,9 + 866\,748 = 867\,759 \text{ руб.}$$

6.5 Заработная плата исполнителей темы

6.5.1 Основная заработная плана работников, непосредственно занятых выполнением НТИ:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 21760 + (0,20 \cdot 21760) = 26112 \text{ руб.}$$

где,

$З_{\text{осн}}$ – должностной оклад инженера, принимается 21760 рублей.

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, принимается 12 – 20% от $З_{\text{осн}}$

Основная заработная плата руководителя, находится по формуле:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1497,2 \cdot 5,1 = 7635,72 \text{ руб.}$$

Где, $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником .

Найдем среднедневную заработную плату научного руководителя:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{35000 \cdot 10,4}{243} = 1497,2 \text{ руб.}$$

где, $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника составляет 35000 руб.,

(должность - старший преподаватель).

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн = 243 рабочих дней (таблица 25);

Таблица 25 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

6.5.2 Месячный должностной оклад научного руководителя

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 35000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 68250 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке = 35000 руб.

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3.

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок 15-20% от $З_{\text{тс}}$.

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, принимаем 1,3.

6.5.3 Социальные отчисления рассчитываются как 30,2% от затрат на оплату труда (ФЗД)

$$И_{\text{соц.инж.}} = 30,2\% \cdot З_{\text{м}} = 0,302 \cdot 26112 = 7885,82 \text{ руб.}$$

Прочие затраты, это 10% от суммы всех предыдущих затрат.

$$\begin{aligned} И_{\text{пр}} &= 10\% \cdot (И_{\text{мат}} + И_{\text{ам}} + И_{\text{зп}} + И_{\text{соц}} = \\ &= 0,1 \cdot (1100 + 1010,9 + 68250 + 7885,82) = 7824,6 \text{ руб.} \end{aligned}$$

6.5.4 Накладные расходы

При выполнении проекта на базе НИТПУ, в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д.

Накладные расходы рассчитываются как 20% от затрат на оплату труда:

$$И_{\text{нр}} = 0,2 \cdot \sum И_{\text{зп}} = 0,2 \cdot 39377 = 7875,4 \text{ руб.}$$

6.5.5 Формирование бюджета затрат

$$\begin{aligned} К_{\text{пр}} &= И_{\text{мат}} + И_{\text{ам}} + И_{\text{зп}} + И_{\text{со}} + И_{\text{пр}} + И_{\text{нр}} = \\ &= 4334741,1 + 867\,759 + 39377 + 14220,9 + 7824,6 + 7875,4 = \\ &= 5\,269\,465,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

6.6.1 Определение финансовой и ресурсной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин:

- Финансовой эффективности
- Ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где, $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость варианта исполнения, принимаем равным $K_{\text{пр}}$;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения (конкуренты);

Для ЭЛ-способа очистки:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{5269465,4}{5269465,4} = 1$$

Для МИ-способа очистки:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{4333741,1}{5269465,4} = 0,822$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения определяется как:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

Где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности исполнения проекта проведем в форме таблицы 26.

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	
		МИ – способ	ЭЛ – способ
1	2	3	4
Критерии оценки			
1. Термическая стойкость	0,1	4	4
2. Морозостойкость	0,1	4	4
3. Возобновляемость реагента	0,15	5	3
4. Прочность	0,15	5	4
5. Эффективность	0,35	5	4
6. Простота эксплуатации	0,15	4	2
Итого:	1		

$$I_{pi \text{ (МИ)}} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,65$$

$$I_{pi \text{ (ЭЛ)}} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,35 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 = 3,55$$

Интегральный показатель эффективности вариантов использования:

$$I_{\text{исп (МИ)}} = \frac{I_{pi \text{ (МИ)}}}{I_{\text{исп.}i \text{ финр}}} = \frac{4,65}{0,822} = 5,65$$

$$I_{\text{исп (ЭЛ)}} = \frac{I_{pi \text{ (МИ)}}}{I_{\text{исп.}i}^{\text{финр}}} = \frac{3,55}{1} = 3,55$$

Выполним сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп (МИ)}}}{I_{\text{исп (ЭЛ)}}} = \frac{5,65}{3,55} = 1,59$$

Полученное значение говорит о том, что МИ-способ является наиболее эффективным вариантом решения по очистке дымовых газов от серы.

Но стоит уточнить, что данное оборудование рассматривалось именно для применения в области десульфуризации дымовых газов. При комплексной очистке дымовых газов ЭЛ-способ будет наиболее эффективным.

Заключение по разделу:

В результате проведения разработки раздела финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение было выяснено, что данный проект оправдывает физические и материальные затраты.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, показал, что коэффициент конкурентоспособности (K_K) предприятия равен 1,22. Так как $K_K > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

Был проведён SWOT-анализ, который показывает слабые и сильные стороны внедрения системы очистки газов, а также угрозы и возможности на рынке в целом и по отношению к конкурирующим организациям, в частности.

По результатам анализа можно сделать выводы, что система очистки не является решением всех проблем энергетики. Но если уделить этому должное внимание, то вполне ожидаем скачок в развитии экологии. Были предложены меры по устранению угроз.

Также был сформирован бюджет затрат на разработку проекта, который составил 5 269 465,4 руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 7635,72 руб., заработная плата

инженера – 26112 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 20 % от оклада. Накладные расходы составили в сумме 7875,4 руб. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

В рамках выполнения технического задания, наиболее эффективным методом решения поставленной задачи является МИ-способ очистки дымовых газов от оксидов серы.

Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что применение система очистки имеет высокий потенциал, оно конкурентоспособно и перспективно, но в современных условиях требует постоянного совершенствования, обновления материальной базы и повышение профессионализма сотрудников.

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Анализ возможности применения сероулавливающих установок в энергетике России	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования в работе являются применение десульфуризирующих установок. Область применения: Тепловые электростанции.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- Постановление Минтруда и Социального развития РФ №1/29 от 13.01.03. - ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: -Повышенный уровень шума на рабочем месте; -Повышенный уровень вибрации; Опасные факторы: -Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; – Электробезопасность; – Движущиеся машины и механизмы; –Подвижные части производственного оборудования.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: загрязнение воздуха во время

	пыления; Гидросфера: воздействия на поверхностные воды; Литосфера: -Загрязнение почвы и достижений растительности; - Фитотоксичность; - Воздействие на подземные воды;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Возможные ЧС: крупная авария с последующей остановкой оборудования; обрыв электрической сети потребителя; пожары и взрывы; гидроудары; диверсии; обрушение строительных конструкций. Наиболее типичная ЧС: пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	19.03.2021
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7А	Рудаков Евгений Александрович		

7 Социальная ответственность

Введение

Данный раздел посвящен социальной ответственности при проектировании и эксплуатации комплексов удаления серы. Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность - ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров.

Задача работы состоит в эксплуатации комплексов по удалению, что подразумевает под собой ряд направлений деятельности социальной ответственности:

- 1) Ответственность перед потребителем путем предоставления ему качественной продукции и достаточной информации о ней.
- 2) Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности и охраны труда.
- 3) Охрана окружающей среды путем снижения на нее негативного воздействия, как побочного результата эксплуатации десульфуризирующих установок.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Ответственность за создание и обеспечение безопасных условий труда несёт руководитель предприятия и руководитель структурного подразделения. Согласно нормативным и законодательным актам на ТЭЦ создан отдел охраны труда, который обеспечивает контроль за выполнением работниками требований охраны труда. Отделом охраны труда проводится работа по улучшению условий труда, проводятся консультации работников, в том числе и руководителей по вопросам охраны труда. На ТЭЦ организовано обучение

работников охране труда. Обучение в подразделениях осуществляет отдел охраны труда или инженерно-технический работник, на которого возложены эти обязанности приказом руководителя предприятия.

Работодатель (или уполномоченное им лицо) обязан организовать в течении месяца после приема на работу обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на работу лиц, а также лиц, переводимых на другую работу.

Руководители и специалисты организаций проходят специальное обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей при поступлении на работу в течение первого месяца, далее по мере необходимости, но не реже одного раза в три года.

Ответственность за организацию и своевременность обучения по охране труда работников ТЭЦ несет работодатель в порядке, установленном законодательством.

Для всех принимаемых на работу лиц, а также для работников на ТЭЦ проводят инструктажи: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый, целевой. При проведении инструктажей (первичного, повторного, внепланового), лицо, их проводившее делает запись в журнале регистрации первичного инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. При регистрации внепланового инструктажа указывают причину, вызвавшую его проведение.

Численность обслуживаемого персонала объектов системы десульфуризации для ТЭЦ составляет 15 человек. Рабочие силосного склада и транспортировки работают в одну 8 часовую смену, с перерывом на питание 45 минут. Выходные дни в соответствии с Трудовым кодексом РФ и с утверждённым Генеральным директором графиком работы на год. График работ сторожей сооружений 1 сутки через трое.

По характеру трудовой процесс относится к безопасным условиям труда с допустимыми условиями: Управление и контроль отбором известняка, а также ее транспортировкой на слад ведется с технологических щитов; На

оборудовании устанавливаются соответствующие датчики контроля технологических параметров.

Все аппараты систем десульфуризации дымовых газов под давлением, насосно-компрессорные установки, коммуникации, оборудование, аппаратура, предохранительные устройства, контрольно-измерительные приборы, средства автоматики и блокировки эксплуатируются с соблюдением правил Госгортехнадзора и специальных правил и норм.

Рассматриваемый технологический процесс не использует ядовитые вещества, из вредных веществ, способных оказывать воздействие на организм человека – диоксид серы.

7.2 Производственная безопасность

Работа на газоочистном участке тепловой электрической станции может сопровождаться опасными (могут вызывать травмы) и вредными (могут вызвать профессиональные заболевания или снижение работоспособности) производственными факторами. Представим их в таблице 27.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ				Нормативные документы
	Приготовление суспензии	Очистка дымовых газов	Отпуск очищенного газа	Удаление побочных продуктов	
Электрический ток	+	+	+	+	– ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [22]; – ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ[23];
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	+	+	+	+	– ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ[24]; – ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ[25];
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	+	+	+		– СП 2.2.2.1327-03[26]; – ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ.[27]; – СанПиН 2.2.4.548-96[28]; – СНиП 41-01-2003[29];
Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	+	– ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ[30]; – ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[31];
Повышенный уровень вибрации.	+	+	+	+	– ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ[32]; – СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [33];

7.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Источником тока является электросеть напряжением 220-380 В. Наиболее частые причины электротравматизма: неисправное электрооборудование, отсутствие или недостаточность заземления, прикосновение к частям оборудования, находящихся под напряжением, отсутствие индивидуальных и коллективных средств защиты.

Защита людей от поражения электрическим током сводится к следующему: провода, бронируются для защиты от повреждений, с помощью металлорукавов, производится периодический контроль изоляции (визуальный, приборный), все двигатели, щиты, электроприборы имеют надежное заземление, используются устройства защитного отключения, которые автоматически отключают поврежденное оборудование (тепловые реле, автоматические выключатели), применение индивидуальных защитных средств (штанги, клещи, инструмент с изолирующими ручками, диэлектрические боты, галоши, перчатки, резиновые коврики, подставки).

Для обеспечения электробезопасности при проведении электротехнических работ производится ограждение места работы и вывешивание предупредительных надписей, изолируются токоведущие части.

При эксплуатации помольного оборудования, существует опасный фактор в виде поражения человека движущим механизмом мельницы.

Средства коллективной защиты разделяются на устройства: оградительные, предохранительные, тормозные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления и знаки безопасности. Средства коллективной защиты также можно классифицировать: от мощности источника опасности: предохранительные защитные устройства, ограничительные устройства; по времени опасного воздействия:

блокировочные устройства; по расстоянию опасного воздействия: оградительные устройства и знаки безопасности.

Требования, предъявляемые к специальной одежде: обеспечение наибольшего комфорта для человека и максимальной безопасности [18].

Источниками неорганической минеральной пыли являются газовоздушные выбросы, возникающие при подготовке продуктов десульфуризации. Пыль относится к 4 классу опасности, аэрозольная, фиброгенного воздействия. Особенность проблемы - медленное оседание в легких неблагоприятных частиц (ПДК 2 мг/м³).

В общем случае все средства коллективной защиты от пыли сводятся к следующим организационным и техническим мероприятиям:

1. Замена пылящих материалов непылящими.
2. Увлажнение пылящих материалов.
3. Применение различных вентиляционных систем.
4. Герметизация помещений и материалов, применение защитно-обеспыливающих кожухов.
5. Систематическая влажная уборка помещений.
6. Организация рационального режима труда и отдыха.

Четко разграничить защитные мероприятия по параметрам источников опасности в данном случае сложно. Однако в общем можно утверждать, что снижение мощности источника опасности.

Источниками шума на десульфуризирующих установках являются автотранспортная техника и мельница по измельчению известняка. Шум вызывает снижение слуха, нарушение сна, головокружение, головные боли, изменение в сердечно-сосудистой, иммунной, нервной систем.

Защитные мероприятия реализуются в ситуации, когда система уже находится в опасном состоянии и направлены на недопущение попадания системы в состояние происшествия и на перевод системы в безопасное

состояние. К таким относятся, в том числе, средства индивидуальной защиты. Средства индивидуальной защиты от пыли на практике заключаются в использовании респираторов, масок, спецодежды, спецобуви и средств защиты рук. Предельно допустимый уровень звукового давления – 80 дБ.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует предусматривать необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих предельно допустимые.

Воздействие на работников в течение длительного времени высоких уровней вибрации способствует преждевременному утомлению работников, снижению концентрации внимания, косвенному повышению общей и сопутствующей профессиональной заболеваемости.

Источниками вибрации в технологической схеме при работе переработки десульфуризирующих установок являются помольное оборудование. Вибрации возникают из-за неустойчивости толщины слоя материала на помольном столе.

Предельно допустимый уровень технологической вибрации – 103 дБ [14].

Защита по отношению к защищаемому объекту подразделяется на: средства коллективной защиты (СКЗ); средства индивидуальной защиты (СИЗ) [16].

Средства коллективной защиты от мощности источника - это средства, снижающие количество энергии источника шума воздействующей на человека или окружающую среду, к ним относятся: снижение шума в источнике; акустическое экранирование (средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта); изменение направленности излучения шума.

Индивидуальные средства защиты: противошумные вкладыши; противошумные наушники; противошумные шлемы.

Задачей обеспечения вибрационной безопасности является предотвращение условий, при которых воздействие вибрации могло бы привести к ухудшению состояния здоровья работников, в том числе к профессиональным заболеваниям, а также к значительному снижению комфортности условий труда. Вибрация, создаваемая оборудованием, способна привести как к нарушениям в работе и выходу из строя самого оборудования, так и служить причиной повреждения других технических и строительных объектов.

В тех случаях, когда из-за помольного оборудования фактические значения гигиенических характеристик вибрации превышают допустимые значения, применяются средства защиты от вибрации.

Средства защиты от вибрации по организационному признаку делятся на коллективные и индивидуальные [17].

Средства коллективной защиты: использованием конструктивных материалов с большим внутренним трением; нанесением слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение; использованием поверхностного трения; переводом механической колебательной энергии в энергию токов Фуко или электромагнитного поля; использованием технической возможности отсутствия контакта оператора с вибрирующим объектом

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) рук, ног и тела оператора от вибрации используются на производстве в случае необходимости. В качестве СИЗ рук от вибрации применяются антивибрационные рукавицы.

7.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

В общем можно утверждать, что снижение мощности источника опасности благоприятно скажется на вопросе обеспечения безопасности.

Для обеспечения безопасной работы большое значение имеет правильный выбор материала оборудования в соответствии со средой, которая находится в аппарате, с температурой и давлением, при которых идет процесс.

Работники должны быть укомплектованы индивидуальными средствами защиты. Должны соблюдаться режимы труда и отдыха для рабочих.

Поскольку не только специалисты электрики, но и обслуживающий персонал основного производства связан с эксплуатацией электротехнического оборудования, то вопросы электробезопасности, а также основные эффективные меры защиты людей от возможного соприкосновения с токоведущими частями электроустановок – основа максимального снижения вероятности поражения эксплуатационного персонала электрическим током.

Рекомендуется применять звукопоглощающее покрытие стен. Снижение шума, создаваемого на рабочих местах внутренними источниками, а также шума, проникающего извне является очень важной задачей.

7.3 Экологическая безопасность

Применение десульфуризирующих установок характеризуется сложным и многофакторным взаимодействием с окружающей средой. Повышенное содержание диоксида серы (выше уровня ПДК) оказывает на здоровье человека негативное влияние (нарушение функций дыхания, ухудшение течения различных болезней дыхательных путей).

Последствия эксплуатации описаны следующие эффекты: загрязнение воздуха во время пыления; загрязнение почвы; фитотоксичность; воздействие на внешние воды; образование кислотных дождей.

Помимо химического загрязнения почв макро- и микроэлементами, поступление продуктов очистки дымовых газов способно изменить важные физические свойства почв (плотность, проницаемость для газов и воды, пористость, влагоемкость и др.) [20].

Изменение состава почв влечет за собой трансформацию растительности. Поступление серы растворенных солей и токсичных элементов и их миграция в почвенные воды вблизи отвалов во многих случаях создает проблемы для растительности, а также для людей и животных.

Влияние серы на состояние грунтовых вод в районе их размещения определяется следующими факторами: качеством осветленной воды системы сероочистки; мощностью фильтрационного потока из системы сероочистки. Вследствие многочисленного отрицательного воздействия выбросов дымовых газов объектов энергетики на экологию, существует перечень необходимой документации для безопасной эксплуатации сооружений складирования отходов предприятий ТЭС:

- 1) Закон об охране окружающей природной среды Федеральный закон «Об охране окружающей среды» регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственно и иной деятельности.

- 2) Водный кодекс Российской Федерации. В целях предупреждения и устранения загрязнения водных объектов определяются источники их загрязнения.

- 3) Стандарт ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения» предназначен для контроля

за загрязнением почв выбросами, сбросами, отходами, стоками и осадками сточных вод промышленных предприятий, ЖКХ.

4) ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод». Настоящий стандарт распространяется на поверхностные воды и устанавливает общие требования к охране их от загрязнения.

При использовании водных объектов необходимо проводить комплекс мероприятий по предотвращению их загрязнения, засорения и истощения. В поверхностные воды не допускается сброс стоячих вод.

5) Стандарт ГОСТ 17.1.3.06-82 «Охрана природы. Гидросфера»

При осуществлении хозяйственной деятельности должно быть исключено попадание загрязняющих веществ в подземные воды из источников их загрязнения.

6) Согласно ГОСТ Р 59057-2020 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель», который устанавливает общие требования к рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, при открытых горных работах рекультивации подлежат внутренние и внешние отвалы, карьерные выемки и другие территории, нарушенные горной деятельностью.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуации на рассматриваемом объекте является пожар.

На ТЭЦ существует пожарная служба, которая осуществляет контроль за состоянием пожарной безопасности. В складе установлены телефоны, по которым при обнаружении очагов возгорания персонал оповещает пожарную службу.

Для обеспечения пожарной безопасности в здании предусмотрены противопожарные зоны. Используются также огнестойкие преграды, как по вертикали, так и по горизонтали, чтобы ограничить распространение огня в этих направлениях.

Все помещения, расположенные на территории предприятия обеспечены первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем. Месторасположение первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря согласовано с местной пожарной охраной. Размещены первичные средства пожаротушения вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, с обеспечением к ним свободного доступа.

Тушение электроустановок и оборудования под напряжением химической пеной, воздушно-механической пеной средней кратности производится только после их обесточивания.

Пожарная сигнализация осуществляется тепловыми извещателями ИП 105-211 и ручным извещателем ИПР. В случае возникновения пожара предусмотрена система оповещения людей о пожаре (сирена), на видных местах вывешены планы эвакуации людей. Также существует световая сигнализация в виде мигающих ламп красного цвета внутри помещения [21].

Выводы по разделу:

В шестом разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС. Все эти вопросы были изучены в приложении к процессу исследования технологии сероочистки дымовых газов.

По итогам раздела необходимо отметить, что в части «Профессиональная социальная безопасность» были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе исследовательского

процесса. К ним относятся: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, поражение электрическим током и подвижные части производственного оборудования. Все эти факторы при превышении установленных норм негативно влияют на здоровье человека, вызывая долгосрочные ухудшения его состояния или травмы.

В части «Экологическая безопасность» были рассмотрены возможные негативные последствия, влияющие на окружающую среду, в ходе рабочего процесса.

В качестве наиболее вероятной ЧС в заключительной части раздела была рассмотрена пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и устранению.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы, были описаны технологии десульфуризации дымовых газов.

Приведен разбор экологической ситуации региона на примере Кемеровской области.

Приведены основные положения по используемому топливу, рассмотрены меры по снижению сернистости.

Рассмотрены перспективы внедрения десульфуризирующих установок на объекты теплоэнергетики РФ.

Анализируя нынешнее положение дел в сфере природоохранной деятельности, можно смело утверждать об неэффективности подхода к обоснованию капиталовложений в строительство ТЭС, а именно:

1. Прослеживается остаточный принцип выделения капиталовложений в сферу природоохранной деятельности.

2. В связи с отсутствием сероулавливающих установок на объектах теплоэнергетики - не уделялось должного внимания внедрению рассматриваемой технологии.

Представленные утверждения во многом объясняют отсутствие эффективных технологий в сфере очистки выбросов предприятий теплоэнергетики РФ. Решение данного вопроса позволит обеспечить повышение эффективности очистки дымовых газов, внесет значительный вклад в решение проблемы экологической и технологической безопасности, связанных с эксплуатацией объектов теплоэнергетики.

Были выполнены сравнительные расчеты для топлив с разным серосодержанием на примере: Черехомское, Подмосковное и Кизеловское месторождений.

В результате полученного расчета можно сделать вывод о применении топлив для регионов с различной фоновой концентрацией:

1. Топливо Черехомского месторождения с содержанием серы 1,0 % можно использовать в регионах, значения фоновых концентраций которых не превышают значений в $0,48 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$

2. Топливо Подмосковного месторождения с содержанием серы 2,9 % можно использовать в регионах, значения фоновых концентраций которых не превышают значений в $0,34 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$

3. В свою очередь, топливо Кизеловского месторождения с содержанием серы 6,1% необходимо подвергать дополнительной обработке перед сжиганием, поскольку наблюдается превышение уровня ПДК.

Определены финансовый затраты на реализацию проекта.

Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов и их воздействие на рабочий персонал.

Список использованных источников

1. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов, 2012. 544 с.
2. Риккер Ю.И., Кобылкин М.В., Стрельников А.С. Проблемы и перспективы десульфуризации дымовых газов ТЭС // Забайкальский государственный университет, г. Чита.
3. Консорциум Энергомашэкология [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.em-eco.net.ua/> (Дата обращения 28.02.2021).
4. The utilization of flue-gas desulfurization materials T. Butalia, P. Amaya, in Coal Combustion Products (CCP's), 2017.
5. Нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок // Учебно-методическое пособие (подготовлено в рамках работ по Соглашению с Минобрнауки России №14.U02.21.0665 от 17 августа 2012г.).
6. Каталог нефтяных и газовых месторождений России [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://energybase.ru/oil-gas-field/> (Дата обращения 28.02.2021).
7. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. – СПб: Издательство НПО ЦКТИ, 1998г. – 256с.
8. Беспалов В.И., Беспалова С.У., Вагнер М.А. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 240 с.
9. Природоохранные технологии в теплоэнергетике, электронный курс [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=552/> (Дата обращения 11.04.2021).

10. Babcock&Wilcox [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.babcock.com/> (Дата обращения 13.02.2021).
11. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2019 году МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ КУЗБАССА.
12. Е. И. Паршина Экология энергетики: учебное пособие (лабораторный практикум) Сыктывкар: СЛИ, 2012. — 216 с.
13. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
14. СН 2.2.4/2.1.8.566. Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
15. Башлыков И.М., Бердышев О.В., Веденеева Л.М., Костарев С.Н., Кушнарцева О.В., Лонский О.В., Лялькина Г.Б., Овсянкин А.Д., Плахова Л.В., Середа Т.Г., Трефилов В.А., Цветков Г.А., Шевченко А. Е. / под ред. Трефилова В.А. Методы и средства защиты человека от опасных и вредных производственных факторов. Учебное пособие /Сост. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 346 с.
16. ГОСТ 12.4.011 - 89. «Средства защиты работающих» Классификация.
17. ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».
18. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.».
19. ПОТ Р М 916-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 209 с.

20. Озерский Д.А. Складирование золошлаковых отходов ТЭС в карьерах: диссертация кандидата технических наук: 05.14.01 Красноярск, 2007 129 с. РГБ ОД, 61:07-5/3069.
21. ГОСТ 12.1.004 – 90 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Сизм. №1 от 10.1993 г. – Переиздание 01.1996 г.
22. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
23. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
24. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
25. ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ Оборудование производственное. Ограждения защитные.
26. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту
27. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
28. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
29. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование
30. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
31. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация.
32. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

33. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.